

351243

4677

689128

高等学校试用教材

变质岩岩石学

长春地质学院 贺同兴 卢良兆 李树勋 兰玉琦 编

243

77

地质出版社

高等学校试用教材

变质岩岩石学

长春地质学院 编
贺同兴 卢良兆 李树勋 兰玉琦

地质出版社

变质岩岩石学

长春地质学院 编
贺同兴 卢良兆 李树勋 兰玉琦

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张: $16 \frac{1}{4}$ · 字数: 396,000

1980年7月北京第一版·1980年7月北京第一次印刷

印数1—15,390册·定价2.30元

统一书号: 15038·教79

前 言

根据一九七七年国家地质总局召开的地质教材分工会议精神，为适应实现四个现代化培养人材的需要，考虑到学科发展的情况，决定重新编写全国通用教材“变质岩石学”。任务下达后，我们参阅了六十年代以来国内外有关变质岩的教材、文献和生产成果等有关资料，于一九七九年初完成初稿，一九七九年三月，进行了外审，随后又经修改定稿。

本书这次编写是在原有的全国通用教材“变质岩石学”（贺同兴，张树勋，卢良兆编，中国工业出版社，1964年）基础上，根据本门学科的发展现状和实际工作需要而编写的。在编写过程中，首先考虑到本书作为地质基础学科的特点，加强了基本知识、基本理论和基本技能的阐述；同时考虑到现有的中文参考资料较少，为兼顾广大地质工作者的需要，对与学科发展有重要影响的某些理论，发展方向和研究方法，也适当进行了介绍。变质作用和地壳演化相结合的地质学方向和实验研究、理论研究对变质成岩作用的意义，是本书强调的两个方面。

全书共分十章，由贺同兴、卢良兆、李树勋、兰玉琦分工执笔，其中第四章第一、二节，第五章第一、二、五、七节，第六章、第七章、第九章、第十章之五由贺同兴执笔；第二章、第三章、第五章第四节由卢良兆执笔；第一章、第五章第六节，第八章、第十章之一、二、三、四由李树勋执笔；第四章第三节，第五章第三节由兰玉琦执笔。全书由贺同兴负责统一整理。

本书的编写，是在院、系的领导下，教研室的直接支持下完成的。董申葆教授给予了直接的帮助和指导，许多院校、生产科研单位和长春地质学院的许多老师，都为本书的编写提供了宝贵的意见和资料，使本书得以顺利完成，在此谨致谢意。

由于笔者学识有限，且编写时间较紧和缺乏经验，无论在内容和教材组织上，都可能存在错误或不当之处，殷切希望使用本书的各兄弟院校师生和其它读者，批评指正，以便能使本书得到不断的充实和提高。

贺同兴、卢良兆、李树勋、兰玉琦

一九七九年五月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 变质作用和变质岩的概念	1
第二节 变质作用类型的划分	2
第三节 变质岩石学的发展现状	4
第四节 变质岩石学的任务及研究方法.....	5
第五节 变质岩石在中国及世界的分布及其有关矿产.....	7
第二章 变质作用因素	10
一、温度	10
二、压力	11
三、具化学活动性的流体	12
第三章 变质作用方式	15
第一节 重结晶作用	15
第二节 变质结晶作用和变质反应	17
一、变质结晶作用过程中物化平衡的控制因素	18
二、变质反应的速度	23
第三节 交代作用	24
一、交代作用过程中组份的迁移	24
二、交代作用过程中岩石的矿物成分变化	26
三、柯尔仁斯基关于组份相对活动性的学说	27
第四节 变质分异作用	29
一、压力不均匀所引起的侧分泌作用	29
二、表面能差异引起的分异作用	30
三、变斑晶的形成过程	31
四、矿物受剪应力而引起的分异作用	31
第五节 变形和碎裂作用.....	31
一、矿物和岩石中的塑性变形及定向组构的成因	31
二、岩石和矿物的碎裂作用	33
第四章 变质岩的基本特征	35
第一节 变质岩的化学成分.....	35
第二节 变质岩的矿物成分.....	44
一、变质岩矿物成分的一般特点	44
二、变质岩矿物成分的控制因素	46
三、变质岩中矿物的共生原理	49
四、变质岩矿物研究的现状简介	50
第三节 变质岩的结构构造.....	66
一、概述	66

二、变质岩的结构	67
三、变质岩的构造	94
第五章 区域变质作用及其岩石	105
第一节 区域变质作用概述	105
第二节 区域变质作用类型的划分	106
第三节 区域变质岩的分类命名	109
一、区域变质岩的分类	109
二、区域变质岩的命名	111
三、区域变质岩的主要岩石类型	113
第四节 区域变质作用的研究	138
一、变质带的概念及其划分	138
二、区域变质相及相系	149
三、变质相的研究方法	159
第五节 变质岩原岩的研究	164
一、地质产状及共生组合	165
二、岩相学标志	167
三、岩石化学及地球化学特征	168
四、副矿物	176
第六节 区域变质岩石组构的研究	177
一、一般概述	177
二、构造要素	178
三、变形作用与变质作用的相互关系	183
四、多期迭加组构的研究	186
第七节 区域变质作用与成矿	187
一、温度、压力及挥发组份对成矿的控制作用	188
二、变质热液对成矿的控制作用	189
第六章 混合岩化作用及混合岩	191
第一节 混合岩化作用概述	191
一、与再生岩浆有关的混合岩的形成	191
二、与重熔作用有关的混合岩的形成	192
第二节 混合岩地区的基本特征	194
第三节 混合岩的分类命名及主要岩石类型	194
一、混合岩的分类标志	195
二、混合岩的主要岩石类型	196
第四节 混合岩化带的概念及其划分	199
第五节 混合杂岩	201
第六节 关于花岗质岩石成因问题的简要讨论	202
一、花岗岩 (Granite)	202
二、花岗岩成因	203
三、花岗岩的成因分类	205
第七节 区域性混合岩化作用与成矿	206

第七章 接触变质作用及其岩石	203
第一节 概述.....	208
第二节 热接触变质作用及其岩石	208
一、热接触变质岩的分类和命名	209
二、常见热接触变质岩类型	209
三、接触变质作用的研究	212
北京房山岩体的接触变质	213
第三节 接触交代变质作用及其岩石	216
一、矽卡岩	216
二、超基性岩中的接触交代岩	222
第八章 气—液变质作用及其岩石	223
第一节 一般概念	223
第二节 蚀变岩石类型	223
一、蛇纹石化及蛇纹岩	223
二、青盘岩化及青盘岩	226
三、云英岩化及云英岩	228
四、黄铁长英岩化及黄铁细晶岩	229
五、次生石英岩化及次生石英岩	230
第三节 其它成因的蚀变作用及蚀变岩	233
第九章 碎裂（动力）变质作用及其岩石	236
一、概述	236
二、碎裂变质岩的分类命名及主要岩石类型	237
第十章 变质作用和地壳演化	241
一、板块运动和变质带的形成	241
二、不同变质带的岩浆活动	243
三、前寒武纪地盾的形成和大陆生长	244
四、变质相和地质时代	247
五、变质建造及其研究意义	250
主要参考文献	253

第一章 绪 论

岩石学是研究地球物质成分的科学。十九世纪后期(1862)按成因不同划分出岩浆岩、沉积岩及变质岩三个分支。但这种分类,也存在着一定的缺点。如火山碎屑岩,它可以是火山作用的直接产物,也可以是沉积的;花岗质岩石,有的是岩浆形成的,也有变质成因的。尽管如此,人们已习惯了上述的三大岩类的划分。

岩浆岩是由一种高温硅酸盐熔融体,冷凝、结晶出来的矿物组成的,主要是硅酸盐矿物。它的结晶温度大约为 600° — 1300°C 范围,结晶作用常在地壳一定深度内或近地表处进行。如冷凝较快则形成玻璃质岩石。

沉积岩是地表或近地表的岩石遭受风化、(机械破碎和化学分解),再经搬运和沉积,后经成岩作用(压固、胶结、再结晶),而形成的岩石。主要是由粘土类矿物、碳酸盐和二氧化硅类矿物所组成,通常形成于地表或近地表的低温条件下。

变质岩是由已存在的岩石,因物理化学条件的改变,使原有岩石的矿物成分和结构构造发生改造而形成的。这一形成过程一般是在压力和温度升高条件下进行的。

第一节 变质作用和变质岩的概念

变质岩是地壳发展过程中,原来已存在的各种岩石(主要是沉积岩、火山沉积岩和火山岩等成层岩石),在特定的地质和物化条件下,所形成的具有新的矿物组合和结构构造的岩石,这种转化再造过程,就叫做变质作用。一般认为这种改造是在岩石基本上保持固态下进行的。促使地壳上已有岩石发生变质的变质作用,是自然界的一种内动力地质作用(就地球本身而言),它和其它内动力地质作用的关系,是很复杂的。例如,当岩浆侵入围岩时,围岩受岩浆热和岩浆演化的气水溶液的影响,将发生不同程度的变质结晶和重结晶作用以及交代作用等一系列变化,形成各种接触角岩和接触交代岩石;而处在强构造断裂带的岩石,常发生伴有一定化学变化的变形、破碎甚至糜棱岩化作用;在地槽活动带的岩石,常发生十分复杂的变质结晶、重结晶和变形等作用,形成大面积的各种结晶片岩、混合岩,并常伴生强烈的造山运动和岩浆活动。这些地质作用——变质作用和岩浆作用、构造作用……等,有时,明显地表现出一定的因果关系,如岩浆侵入是引起围岩发生接触变质的原因;构造断裂是使断裂带岩石发生碎裂变质的原因等。但变质作用作为自然界的一种内动力地质作用,有时又不能简单地把变质作用看成是岩浆作用或构造作用的副产品(例如区域变质作用),它们都是在地壳发展过程中受地质背景所制约的特定地质作用,各自有其物质运动形式的特点。

变质作用目前一般理解为:地壳形成和发展过程中(包括地壳和上地幔的相互作用),已经形成的岩石,由于地质环境的改变,物理化学条件发生了变化,促使固态岩石发生矿物成分及结构构造的变化,有时伴有化学成分的变化,在特殊条件下,可以产生重熔(溶),形成部分流体相(“岩浆”)的各种作用的总和。

所以,变质作用的范围,可以是岩石的固态变质结晶和重结晶作用,也包括有外来成分加入的交代作用和部分流体相的重熔(溶)岩浆以及深部热液参予的岩石变化。而近地表的岩石在风化和成岩过程中发生的变化,常是在接近常温常压条件下,由外力引起的,一般它不属于变质作用研究的范畴。

在变质作用过程中,常导致某些有用元素(特别是Fe、Mg、P、B等)的迁移富集,称为变质成矿作用。

第二节 变质作用类型的划分

变质作用类型划分的目的,是把自然界出现的不同类型的变质岩石组合,进行综合分析、比较,找出它们的内在联系,从成因上阐述它们的相互联系及矿产形成、分布的规律。过去曾有过很多分类,有的侧重于形成时的地质环境;有的强调形成时的物化因素;有的则侧重于矿物组合及变形作用特点;也有的考虑到变质岩石的分布规模和引起变质作用的方式等等。直到目前尚无统一划分方案。

我们认为变质作用类型的划分,应以地壳演化过程中地质环境或地质作用为基础,进一步再考虑变质作用形成时的物化条件。分类应力求简单适用。

变质作用产生于极其多样的地质条件下,分布于不同时间和空间,代表的地质意义也各不相同。

由于对地壳结构认识的进展,在地壳和上地幔中,划分出岩石圈的大陆地壳及洋底的活动板块。在它们的形成和发展过程中,在板块敛合的消亡带及板块背离的大洋中脊,都伴随有变质作用的产生,它们分布的面积都很广泛。在古老的地质上广泛发育的变质岩石,代表地壳早期的变质作用。甚至在地壳与上地幔的过渡带中也有变质作用产生,它代表地壳深部的变质作用。在横切大洋中脊的转换断层及造山带后期岩浆岩体附近都有局部的变质作用产生。

根据变质作用产生的地质背景,热流和应力作用之间的相互关系,据已有资料可分为:

一、区域变质作用

区域变质作用,是指在温度和压力区域性增高的影响下,固体岩石受到改造时的成岩过程。温度和压力的这种区域性升高,所涉及的地壳范围不同,它们的起因又不是局部性的。因此,它是在地壳活动带中进行的深部地质作用过程,也是一个漫长的地质作用过程(包括岩石的多相变质结晶及重结晶作用和变形作用)。

区域变质作用形成的岩石,常呈大面积或呈带状分布,长数百或数千公里,宽数十或数百公里。由一些千枚岩、片岩和片麻岩等被强烈变形或片理化的岩石所组成。例如,西欧的加里东造山带,中部欧洲的阿尔卑斯造山带,我国的燕辽、晋北、山东、闽浙及滇西等地的变质活动带。

也有一部分,在大范围内遭受重结晶作用而没有明显的变形及通常没有片理化的岩石,例如新西兰地区的沸石相变质岩石。有人称为埋藏变质作用,它也可能是区域变质的最低温部分。因此,本书将它列入区域变质作用类型。

二、接触变质作用

是岩浆岩体周围，由于温度的升高，而使岩石发生变质结晶和重结晶作用。接触变质带有不同的宽度，多数情况下为数米到一千米。其形状和规模决定于侵入体的成分、产状、形态及围岩的性质。典型的接触变质岩石没有片理化，形成所谓角岩。但大多数接触变质岩石常具有明显程度不同的片理化现象。接触变质带的发育程度，通常认为是和围岩的导热性及岩浆体所析出的热量和气水溶液有直接关系。它一般形成于地壳浅部的低压高温条件下，压力变化于数百到三千巴，近花岗岩接触带温度大致为500—550℃。

温度特别高（如火山岩中的捕虏体）时，常形成高热接触变质作用，并伴有局部熔融，而形成一种玻化岩，属于接触变质作用的特殊情况。

三、碎裂变质作用

属于局部有强烈错动而产生岩石磨碎或压碎的一类变质作用。一般是在低温条件下进行的，重结晶作用不很明显。通常位于大断裂附近，可达几公里宽。多呈带状分布，受构造控制。

这种变质作用，可以发生于不同时代的不同岩石中，因此比较复杂。由构造作用产生的应力，除可以使岩石发生破碎、压碎外，在已变质的岩石中，在原有结晶片理的基础上，还可能出现斜切片理的破劈理。有时伴有热流的升高、热液作用，还可以沿破劈理生成新的矿物，而形成新的面状构造。在区域变质岩发育地区，详细研究这一类型的变质作用，常可查明该区的变质历史和变形过程，对了解区域地质发展史，具有重要意义。

四、气—液变质作用

由具有化学性质比较活泼的气态或液态的流体，与固体岩石相交代，而使岩石发生变质的一种作用。这些气液，有些可以来自岩浆体的挥发分；有些可能是地壳内区域性分布的热水；或者由区域变质作用所产生的热液（变质水）和混合岩化过程中所形成的溶液，在一定的条件下，发生的交代变质作用。

五、其它类型的变质作用

除以上几种主要类型之外，尚有：

冲击变质作用：它是动力变质作用的一个特殊类型，其特征是特别快速的变质作用和极大的定向压力，温度是很高的。这一变质作用的研究，是由于对月质学和月岩研究的需要而开展的。对陨石冲击岩石而产生的冲击变质作用的研究，主要是研究陨石坑及一些模拟实验。这种冲击作用可以使岩石产生高比重的矿物，如黨石、柯石英等，同时也产生一些特殊的碎裂和变形，有时尚可产生一些熔融而形成的玻璃质物质。

洋底变质作用：它出现在大洋中脊附近，由于洋底扩张和热流升高而引起的变质作用。通常是一些变化的基性和超基性岩。

递增变质作用：是在岩石中，因增温而引起的递增变化。可以看做是由于温度的依次增长，引起在接近于平衡的条件下，矿物组合更替的反应系列。但在很多情况下，在较低温条件下形成的矿物，呈不稳定的残留形式被保存，且其周围绕以更晚的矿物。

迭加变质（多期变质）作用：是早期形成的变质岩石，在以后的地质时期中，又遭到另一次变质作用的改造作用。即岩石遭受到不止一次的变质作用。

退化变质作用：是较高级的变质作用，被较低级的变质作用所改造。高温矿物组合为低温矿物组合所代替。

第三节 变质岩石学的发展现状

变质岩的研究，已有很长的历史。应用显微镜研究变质岩，开始于十九世纪末（1870—1900），当时主要用它来进行分类，属于描述岩石学阶段。以北欧的海德堡学派为代表，如罗森布什（Rosenbusch, H., 1856—1914）、格鲁赛曼（Grubenmaun, U., 1850—1924）及尼格里（Niggli, P.）等人的工作。

在二十世纪前五十年，出现了矿物平衡理论的研究。其中对变质作用条件下，矿物递增变化的研究，开始于1893年巴洛（Barrow, C., 1853—1932）的工作，继之哈克（Harker, A., 1859—1939）详细描述了递增变质作用的分带，并提出了所谓正常的递增变质作用和应力矿物的概念。

从五十年代起，开始了详细的矿物学研究和变质作用热力学条件的实验研究。理论化学及热力学平衡理论的研究，始于十九世纪后半叶，主要是哥尔德斯密特（Goldschmidt, V. M., 1888—1947）、艾斯科拉（Eskola, P., 1883—1964）的工作，以及其后的巴尔特（Barth, T. F. W.）和兰别尔格（Ramberg, H.）、柯尔任斯基（Д. С. Коржинский）等人的著作。哥尔德斯密特于1911年，首次提出了在变质岩矿物组合中应用相律。

艾斯科拉早年研究了芬兰西南部奥尔加维（Orijarvi）的变质岩石，确立了角闪岩相矿物共生组合的平衡条件。同哥尔德斯密特在挪威奥斯陆（Oslo）角岩的矿物组合相对比，提出了变质相的概念。

早在第二次世界大战以前，就开始了变质矿物的人工合成工作。但限于当时的实验条件，所获资料不多。多数人工合成资料是从1950年以后，由约德尔（Yoder, H. S.）完成的。这些工作引起了强烈的震动，使过去长期认为低温变质的绿泥石带的温度增长了大约300℃（主要因为沸石的合成资料的发表）。其次，是关于 Al_2SiO_5 多形变体三相点稳定条件的确定。进一步确定了变质作用的温度、压力范围，由过去的推测而进入了比较准确的确定。这些工作在温克勒（Winkler, H. G. F., 1967）的《变质岩成因》一书中，做了全面的总结。

六十年代以后的发展变化较大。对区域性地质的大规模总结，有些是以某一大陆为基础，具有洲际性的。例如世界编图的成就（欧洲、亚洲、日本及苏联等）。近代的研究，部分还引向大洋（洋底变质作用）和月球（冲击变质作用）的某些观察，从而导致了向变质地质学方向的发展，从海陆结合、地壳和上地幔的关系的探讨，以及早期地壳演化（25亿年以前）历史的研究等方面扩大了变质岩研究的领域，为解决变质岩形成作用的一些内在原因，开辟了新的前景。

实验工作，近年来进展极为迅速，特别是高温高压方面的研究，带动了其它方面的工作。走向变质反应和野外观察密切结合的道路。

由于对全球范围的地质研究综合，形成了变质地质学的发展方向。由于变质地质学研

究的进展,在某些地区能够阐明不同区域变质作用的本质,以及它同岩浆作用和构造作用的联系,从而确立了变质作用的构造意义(Miyashiro, A., 1967)。使变质作用的研究,由局限于岩石本身的特点(矿物成分、结构构造)及其形成条件(变质相)的讨论,进入了探讨变质作用同地壳发展演化特点的联系,以便确立变质作用同整个地壳演化过程中的地位。都城秋穗关于双变质带的概念,使变质地质学对板块学说起了重要作用。

此外,沸石相的建立,变质矿物形成条件的研究,对变质岩石形成条件的重建,起了极大的作用。对变质作用过程中物化条件(温度、压力及组份)变化的了解更趋于全面。从而改变了过去一些传统的概念。

我国在解放前,基本上袭用了欧美三十年代的描述岩石学方法,在老一辈岩石学家的努力下,对个别地区的变质岩,进行了描述和分类。

变质岩石学的真正发展,是在我国解放以后。随着普查找矿工作的进展和大规模区域地质测量工作的完成,对变质岩发育地区进行了比较系统的工作。在二十世纪五十年代末和六十年代初,全国统一了变质岩的分类命名(程裕琪, 1959)。稍后,在野外地质工作的基础上提出了变质作用同地壳发展演化相联系的变质建造观点(董申保等, 1960)。七十年代以后,由于板块学说的引入,也进行了局部地区的区域变质分带的研究。

多年来王嘉荫教授,从事动力变质作用的研究,系统地提出了动力变质作用岩石的分类命名原则。晚年他总结了自己研究的成果,出版了《应力矿物概论》一书(1978)。

还应当指出,在五十年代末期,提出了有关花岗岩化作用及其成矿作用的论点,大大地改变了过去那种对古老花岗质岩石的认识和混合岩化无矿的论点。这些对变质岩石学的发展及矿产的寻找工作,都起了一定的促进作用。

目前变质作用的研究,已经进入了一个崭新的时期。一方面是在大力改进实验手段的基础上,继续深入开展变质反应的模拟实验,并在热力学、化学动力学、固体物理学及物理化学等学科的渗透和结合下,继续深入开展对变质成岩作用的理论研究,并把这一研究引向和地质实际相结合;同时,在大量区域性研究的基础上,着眼于地壳演化,从全球角度(包括海洋和大陆,甚至其它星体),把变质作用的研究引向和地壳演化相结合的变质地质学方向。

第四节 变质岩石学的任务及研究方法

岩石学是全面研究岩石的地质科学。岩石做为独立的地质体,是具有一定化学成分和结构特点的矿物集合体。显然,对岩石整个特点的了解,必须研究它的物质成分(化学成分及矿物成分),结构构造以及它的地质特点。进一步研究岩石形成和演化的规律。

近年来,岩石学的研究、发展是比较快的。特别是区域岩石学和实验岩石学的研究。从宏观到微观,从理论到实验的紧密结合,大大促进了岩石学的发展。

变质岩和变质作用的研究、发展也比较快。过去对变质作用的研究,主要侧重于纯岩石学方面。现在已经认识到,变质作用既是地质作用,也是岩石形成的物化作用。因此,对变质作用的研究,不应脱离时间、空间上发生的地质作用。曾经把变质作用当成是单纯的物理化学作用是片面的。最近提出了主要以压力为主的变质相系和以温度为主的变质相组,以及变质建造的概念,都是试图将变质作用与地质作用过程联系起来进行研究的

尝试。

同时也应该指出,变质岩的研究,不仅是由于它分布广泛、时代悠久、经历多次地质变动、蕴藏极为丰富的矿产资源而具有十分重要的实际意义。而且还具有极为重要的理论意义。这种研究对探讨地球成因、上地幔结构、地壳发展历史、地球物质演化、生命的起源及地质作用的演变等极为重要的课题,都离不开变质岩石学,特别是古老变质岩石的研究。

变质岩(包括变质作用)的研究,应在积累大量实际地质资料和丰富的实验数据基础上,进一步进行综合分析,使之更加系统化和理论化。逐渐成为地球科学中重要的组成部分。

从地质学和岩石学的发展看,变质岩的研究任务,可概括如下:

1. 研究和区分不同类型的变质岩。不同类型的变质岩,代表着不同的变质作用过程。研究不同类型的变质岩,可以了解岩石形成过程中,地壳演化的不同特点;
2. 研究不同类型变质岩在时间和空间上的分布规律,变质岩石组合的特点及其与大地构造单元的相互联系。以了解地壳演化与变质岩石形成的内在联系;
3. 研究变质岩石形成的发展历史和演变过程(包括变质矿物演化及变质岩石变形过程的历史);
4. 研究变质岩石原岩的成分及形成条件,以了解变质岩形成的全部过程;
5. 研究变质作用过程中,物质组份迁移集中的规律,特别是有用组份聚集的条件(变质成矿作用过程)的研究;
6. 变质作用的模拟实验研究,进一步确立各种变质作用的形成模式(机理)。

岩石学(包括变质岩)的发展,经过了不同的途径,相应地也采用了不同的研究方法,概括如下:

1. 野外地质研究方法; 2. 实验室研究方法; 3. 岩石形成的实验研究; 4. 理论综合。所有这些方法,对全面研究岩石的形成过程,都是必须的,并且应当善于将各种方法紧密配合。

地质研究方法:除研究岩石的宏观特征以外,应着重研究岩石的地质产状和岩石的组构及变形特征。确定岩石的层位及时代,彼此的接触关系,次生变化过程等等。在地质研究的过程中,还应采集岩矿鉴定、化学分析及单矿物测定的样品,以便研究岩石的物质成分和确定其地质年龄。此外,相应采集有关测定岩石地球物理性质的样品,特别是古地磁的测定,对解决变质岩石形成特点是十分有用的。关于放射性和同位素的研究,可以探讨变质岩石的成因和地壳的结构特点。地质方法是各项研究方法的基础。

实验室研究方法:是多种多样的,其中很多是应用矿物学及其它邻近学科的研究方法。岩石的室内研究,多采用显微镜及化学分析的方法。应用显微镜研究岩石,不仅能精确鉴定矿物的光学性质,而更为重要的是研究岩石形成过程的纪录——岩石组构特点。有时为了正确鉴定矿物,还采用弗得洛夫法和油浸法等。进一步解决矿物的光学特点以及它们同矿物化学成分的依赖关系,还采用包括X光分析、差热分析及稳定同位素的测定等手段。

化学分析的方法,对那些矿物颗粒很细小,不易在显微镜下测定的岩石更为有效。有时还借以研究变质岩石组份变化特点及变质岩石原岩恢复的依据。也可以将岩石化学的研究,作为变质岩分类的依据。

实验(变质反应)研究方法：现代的实验室设备，已完全可以人工合成全部变质矿物。这对进一步研究变质岩形成的条件及模拟变质作用的模式（机理），都是十分重要的。甚至，有人试图以变质反应的研究为基础，代替变质相的研究。

理论综合方法：全面正确的综合研究资料，使变质岩石的研究，更加理论化，从而有可能提出各种假说和理论观点，再不断的为生产实践所检验，再促进和推动变质岩石学的研究。使之更好地为生产建设服务。因此，理论的分析、综合和概括，需要有详尽的研究资料和丰富的实践经验。这些都需要经过长期的积累过程和坚持不懈的努力，为岩石学的发展做出有益的贡献。

第五节 变质岩石在中国及世界的分布 及其有关矿产

变质岩石在全球分布极为广泛。如图 I—1 中表明它们分布于古老地盾和地台区（前寒武纪）及较晚的显生宙（古生代及其以后）的造山带中。

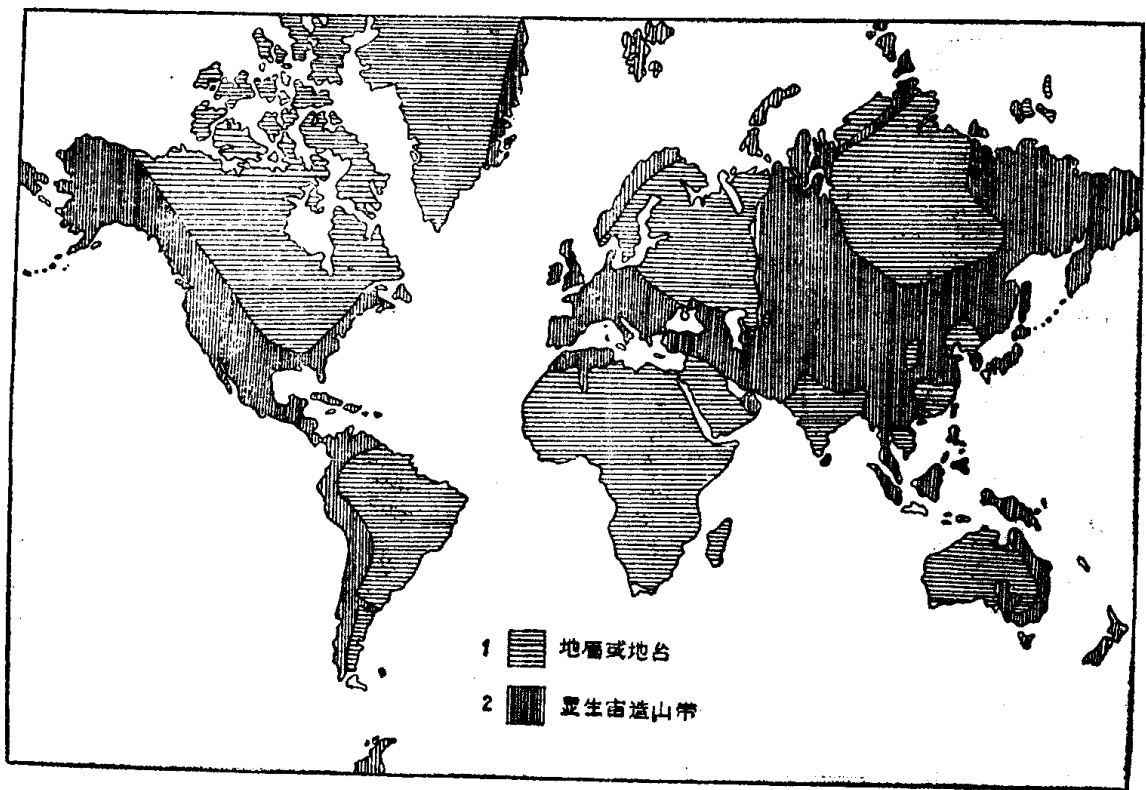


图 I—1 前寒武纪地盾或地台及显生宙造山带

（据郗城，1972）

前寒武纪地盾区：在前寒武纪遭受造山作用和变质作用的地区，在古生代以后已成为稳定的地盾区。它通常构成大陆的核心，其面积约占大陆表面积的 18%。一般变质程度深浅不同，并不依地质年代的变化而不同。但绝大部分麻粒岩相的岩石，都分布于前寒武纪。

显生宙的造山带：显生宙（古生代及其以后）的造山带，具有镶嵌在前寒武纪地盾或地台边缘的趋势。这一规律性的分布。若恢复古大陆轮廓的话，可以发现大陆在中生代开

始漂移,就更加明显。而更年青的造山带,则多分布于大陆边缘的岛弧区。都城(1976)认为,出露在显生宙造山带中的变质岩石具有多样性,它可在某种程度上区别于前寒武纪的变质岩石。这主要表现在沸石相及蓝闪石片岩相岩石常见,而麻粒岩相岩石则很少。

看来,大陆壳的增长范围,主要是环绕早已存在的硅铝层基底,依次分布更年青的造山带。在使松软的地槽沉积物转变为结晶岩石过程中,起重要作用的应当是区域变质作用。

大洋盆地:分布于大洋盆地的沉积物,一般其下部分布有玄武质岩石,可能随深度变化而逐渐过渡为受变质的玄武岩或辉长岩类。它们可以成穹窿形式或呈橄榄岩的包体被带到洋底表面。所以,洋底变质的岩石,认为是基性和超基性岩浆岩形成的。它们的变质作用,主要发生于大洋中脊及其附近,由于洋底扩张移动,这种变质岩石向横向广泛分布于洋底。

地热区的现代变质作用:可能在现代岛弧的某些活动的造山作用地区和大洋中脊附近的地热活动区,产生着现代的变质作用。如日本和新西兰的某些地热区,具有变质结晶和重结晶作用,在浅部产生沸石,而在深部出现钠长石组合。

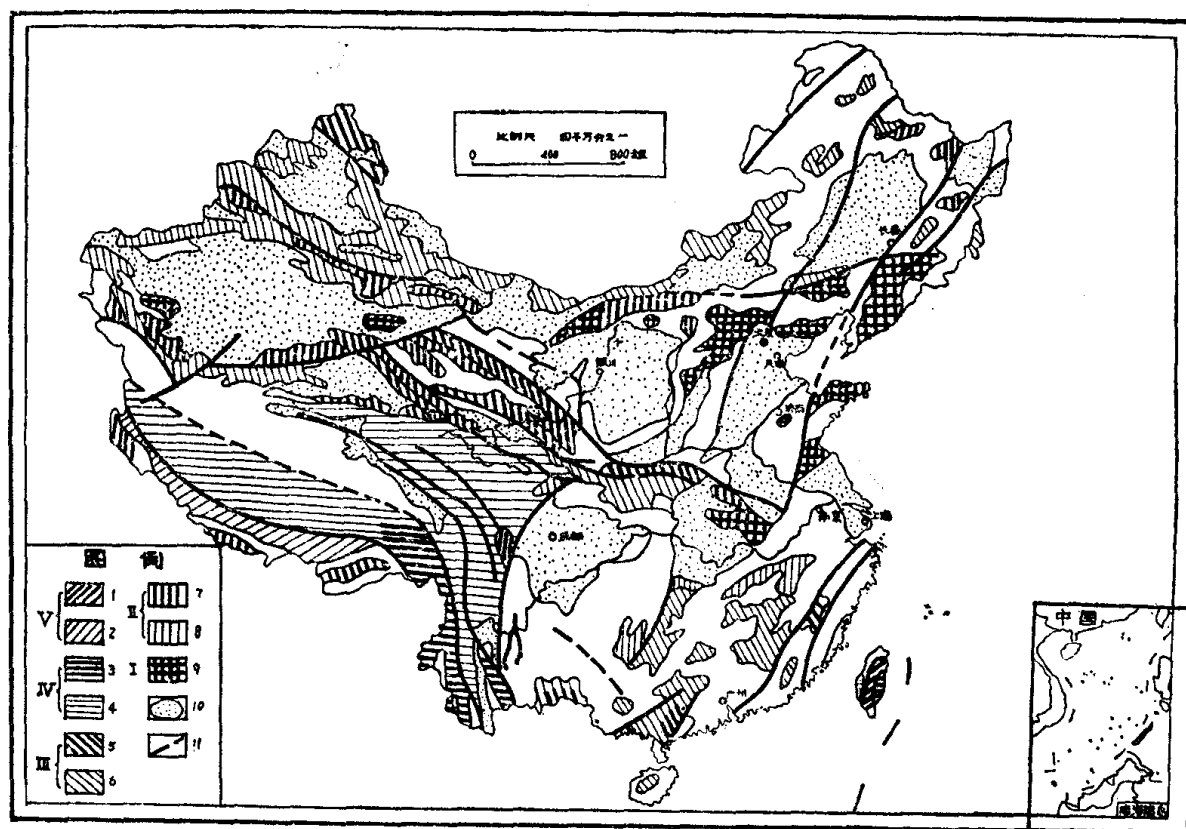


图 I—2 中国不同变质时期的变质岩系分布略图

(据地科院地质所岩石室资料, 1979)

- (V) 新生代为主形成: 1—绿片岩相至角闪岩相; 2—一般低于或等于绿片岩相。
- (IV) 中生代为主形成: 3—绿片岩相至角闪岩相, 台湾东部玉里带为绿片岩相;
4—一般低于或等于绿片岩相。
- (III) 古生代为主形成: 5—绿片岩相至角闪岩相。祁连山带主要为绿片岩相。
6—一般低于或等于绿片岩相。
- (II) 中晚元古代(震旦亚界)为主形成: 7—大部为绿片岩相, 局部地区为角闪岩相。
8—一般低于或等于绿片岩相。
- (I) 太古代, 早元古代为主形成: 9—大部为角闪岩相。部分地区为麻粒岩相及绿片岩相。
10—中新生代盆地; 11—实测、推测区域性断裂

变质岩石，可以形成于不同时期，又可以是由不同类型，既有时代悠久的结晶基底——地盾或地台；又有时代较新的造山带。分布遍及各大陆及海洋。因此，在漫长的地质时间内，发生的地质事件频繁，形成的矿产也极为丰富。世界上迄今发现的各种矿产，变质岩系中几乎都有。特别是前寒武纪，其形成历史占地球形成历史（40 亿年）的 7/8（35 亿年），其分布面积约占陆地面积的 18%。矿产特别丰富，世界上许多特大的矿床，均产于这一时期。如苏联库尔斯克磁力异常区、南非布什维尔德铬矿（和铂矿）与德兰士瓦金矿、加拿大艾德蒙顿的萧德伯里镍矿和提敏斯金矿以及澳大利亚新南威尔士布罗肯山的铅矿等等。

其矿产数量也占有很大比例，据苏联 A. B. 西多连科（1963）等人的统计，资本主义国家前寒武纪矿产储量，占国家总储量的比例如下：

铁矿 70%，锰矿 63%，铬铁矿 73%，铜 73—26%，硫化镍 72%，钴 93%，铀 66%，白云母及金云母几乎 100%，金和铂占大部分。

因此，为了找寻这些矿产，掌握这些矿产的分布规律，对变质岩特别是前寒武纪的变质岩系的研究，具有十分重要的意义。

我国变质岩石的分布，极为广泛（图 1—2）。北方以华北地台为核心，主要由前寒武纪的结晶片岩所组成，并伴有大量花岗质岩石。其变质程度较深，多数属于角闪岩相，少数地区（北部）出露有麻粒岩相的岩石。地台东部，见有榴辉岩的分布（沿大断裂）。

华北地台的北侧，为东西向分布的以古生代为主的变质岩系，由一些变形显著、变质程度不高的片岩、千枚岩所组成。在东部局部有晚元古代的变质岩出露（鸡西—穆棱一带）。

我国南方，以扬子准地台为核心，主要由前寒武纪的浅变质岩石——千枚岩、板岩等组成。两个地台之间为古生代的造山带，广泛发育有各种片岩、片麻岩及大理岩等。

扬子准地台的南侧，依次分布有古生代、中生代及新生代时期的变质岩石。其西部边缘，则以康藏高原及横断山脉为主，大量分布中、新生代的变质岩石，其变质程度在西南部（横断山脉）较高，可达到角闪岩相。

应当指出，在我国北方内蒙、祁连山，南方的哀牢山及西藏等地，发现有蓝闪石片岩的分布。其所代表的地质意义，有待进一步研究。

在不同时代的变质岩系中，赋存有大量的金属及非金属矿产。铁矿储量尤为丰富，分布于鞍山—本溪地区、河北东部、山西北部等地。其它如铜、金、硼及菱镁矿等。均占有重要地位。

第二章 变质作用因素

变质作用是自然界的一种内动力地质作用。地壳中已有岩石变质的原因,从根本上来说,是地壳发展一定阶段一定地区的地质环境所决定,并和岩浆活动、构造运动或复杂的深成作用相联系。但从另一方面来看,决定变质岩矿物和组构特征的直接控制因素则为变质作用当时的物化条件,其中主要是温度、压力及具化学活动性的流体等因素。这些物化因素的变化决定于地质环境,因此在讨论变质作用因素时,一方面要注意联系变质作用的地质成因,要联系地质环境来讨论变质作用的发生和发展特点,但另一方面又可将变质作用当作物理化学作用看待,讨论在此过程中温度、压力和具化学活动性流体等因素所起的作用。

一、温 度

温度的改变是引起变质作用的主要因素,多数变质作用随温度升高而进行。温度升高可使原岩中某些矿物重结晶,如石灰岩中隐晶质的方解石重结晶后可成较粗大晶体,使原岩成为大理岩;其次温度的变化会使原岩中某些矿物之间发生变质反应,各种组份重组合成新矿物,如硅质石灰岩中的 CaCO_3 和 SiO_2 随温度升高可重组合成硅灰石 (CaSiO_3);由于温度升高还会形成变质热液,它们可将原岩中某些组份迁移到较远距离或相对富集;在有些情况下,温度的进一步升高还可使原岩在变质结晶的基础上进一步选择性重熔(溶),其中长英质低熔组份成流体相出现,引起混合岩化现象。

根据野外观察和某些重要变质反应的实验数据,一般变质作用的温度范围介于 250—800℃ 之间,温度更高时,即使在较乾的情况下,也会出现大量重熔现象。引起温度升高的热量来源可能具有多样性,在侵入体周围,岩层发生局部变质的热量显然来源于高温的岩浆,在大断裂带附近,与岩石碎裂同时,可出现某些重结晶作用,甚至玻璃化,其所需热量则由摩擦过程中的机械能转化而来。但对于前寒武纪结晶地盾及古生代以后各时代的造山带来说,其发生区域变质作用的热量来源问题争论较多,近来大量研究表明,区域变质作用过程中温度升高的主要原因是地热或深部热流的上升,这些地区在某一地质时代属于地壳的特殊部份,以深部热流值较高为特点,在前寒武纪早期和中期由于地壳普遍较薄,而且从深部上升的热流值远较现代为高,因此大部分地区发生变质作用;至古生代以后,热流值较高地区,只限于较明显的地壳活动带(造山带或深断裂带),因此区域变质作用也限于这些带中的部分地区;到了近代,热流值很高的地区更少,经测定只限于一些岛弧区和大洋中脊^①附近,那里可能正在发生变质作用。

① 指太平洋、大西洋等大洋中部的海底山系,这些地区地壳很薄,地幔物质不断上升,热流值很高,变质作用正在进行。