

变质岩的一些基本问题和 工 作 方 法

程 裕 洪 等 著

中国工业出版社

中国第一套本科学制 工本万佳

1954年 10月

中国科学院

变质岩的一些基本问题和 工 作 方 法

程裕淇 沈其韩 刘国惠 王泽九 著

中 国 工 业 出 版 社

全书以工作方法为主，基本問題阐述为副。在基本問題部分中，阐述了变质作用、变质带、变质相的概念和划分，綜合提出了分类命名方案。在工作方法部分中，明确了基本任务和原则，全面介绍了变质岩区測普查的各项基本方法，并提出了今后工作方向。

此书是著者多年工作成果的綜合，其中部分吸收了有关生产单位和地质院校的經驗，并且反映了国外有关方面的資料。

变质岩的一些基本問題和工作方法

程裕洪 沈其韓 刘国惠 王泽九 著

*

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $10 \frac{1}{2}$ · 插頁21 · 字数231,000

1963年9月北京第一版·1964年11月北京第二次印刷

印数2,316—9,495 · 定价（科六）2.50元

*

統一书号：15165·2231（地质-230）

346 / 31
序 言

变质岩系在我国有着相当广泛的分布，西起喀喇崑仑山，向东直至沿海山地、丘陵和台湾等岛屿，北自大小兴安岭、蒙古高原、阿尔泰山，直到南方的海南岛，几乎都有它的露布。从时代上看，差不多包括了所有的地质世纪（前寒武纪至第三纪），其中尤以前寒武纪形成的变质岩系最为发育。

分布于伟大祖国领域内的这些变质岩系，包括了所有不同变质程度和类型的各种变质杂岩和混合岩杂岩，其中并产有丰富的各种矿产，重要的有铁、铜、金、云母、菱镁矿、石墨、磷矿、刚玉、石棉、滑石和某些稀有分散元素等矿产。在变质岩区进行调查和研究，一方面可以了解不同变质作用（包括混合岩化作用）的特征与地质构造和岩浆活动等关系，阐明其复杂的区域地质发育过程，尤其是前寒武纪的漫长地质变迁史，从而推测地壳的生成史和成因，在地质学的理论方面具有十分重大的意义；另一方面，可以掌握变质岩系的成矿条件和矿产分布规律，指出找矿方向，发现新的矿产地，以满足社会主义建设对矿产资源不断增长的需要，在国民经济上也具有很大的意义。因此，在变质岩区进行系统而深入的地质和矿产的研究，是每一个在变质岩区工作的地质人员的艰巨而十分光荣的任务。

几年来，由于区域地质测量和普查工作的大量开展，已在不少变质岩区进行了不同程度的地质研究。在这些地区，对变质地层的划分、时代对比、变质作用的特点，以及变质矿产的分布和生成规律等，都获得了很多有意义的资料。在制图方法方面，也积累了不少经验。但另一方面，也要看到工作的发展还不平衡，仍存在一些缺点：如地层的划分、时代对比等方面，尚存在着工作比较粗糙、依据不足等问题，含矿层位和与变质作用有关的矿化现象注意也还不够，变质岩区的地质制图，不少地质工作人员仍感不易着手，有的地质图件的质量尚待提高等。由于国内变质岩方面的书籍较少，而国外有关书籍目前译成中文出版的也不多，据不少野外队工作人员的反映，希望有关单位能编写一些这方面的书籍，尤其是从工作方法上给予从事区测和普查的同志以帮助，借以提高区测和普查工作的质量和效果。为此，著者等从1960年1月起，由部分人员收集有关文献资料（已出版的和未出版的），包括长春和北京两地质学院历年来在变质岩区进行区测的经验，以及河北省地质局区测队和普查队等其它队的经验，结合著者等实际工作中的体会，着手编写本书，于1960年3月和1961年第二季度完成了第一、二两次草稿，其内容以野外工作方法为主。后因种种原因，编写工作暂时中断。1962年上半年，根据新的情况，将草稿进行了较大的修订和补充，如增加了室内工作方法一章和附录，补充了关于某些基本问题讨论的篇幅，又请有关地质工作者进行审查后定稿，始交付出版。

本书不同于一般的教科书或工作手册，它仅就变质地质和变质岩的某些基本问题进行了讨论，并对有关主要工作方法加以介绍，此外还尽可能地应用了我国的实例。全书

07762

共分十章，四个附录，除插图外，另附图版十七版。第一章主要介绍了变质岩区进行地质工作的基本任务和主要原则。第二章对变质作用的特点、变质带和变质相作了叙述，其中特别是后二者，用了较多的篇幅。本章也涉及了一些室内外的工作方法。第三章对变质岩的分类和命名，作了简要的介绍。这是在前人工作以及著者的初稿和修改草案的基础上，参考了有关人员所提意见之后，又一次提出的修改草案，由于基本数据不全，方案仍是初步的，尚需在试行过程中，不断加以补充和修改。第四、五、六章主要是变质地质的野外工作方法，占全部文字的三分之一强，为本书的主要部分，其中对某些关键问题（如混合岩化和花岗岩化问题），叙述和讨论比较详细，而对一般问题则略而未提，或仅作一般介绍。第七章室内工作，基本上以区测和普查为对象，指出野外工作完成后应进行的室内工作项目。关于显微镜观察方面，对混合岩的叙述较多，而其他方面只作了简单的介绍。第八章对变质矿产的形成和寻找，作了概略性的探讨。第九章对变质岩研究中的一些具体问题如多次变质问题，变质作用与大地构造关系等加以说明和讨论。第十章对我国变质地质和变质岩今后努力方向扼要的加以探讨。附录包括：一、变质岩化学成分的计算方法；二、变质岩中有关矿物的化学组成和比重表；三、各主要岩石的化学成分表；四、绝对年龄测定的原理及方法介绍等四部份。

需要指出的是：变质岩方面的某些概念问题，国内外地质工作者的意见尚有分歧，著者除在有关章节曾适当加以介绍外，在某些方面，也提出了一些自己的看法或认识。由于对这些问题的研究，还很不够，数据收集很不全，因此还不是成熟的，需要批判地加以对待。文中所介绍的工作方法，有的在国内外早已普遍采用，但有的是某一地区某一野外队的经验，有的则是著者等在某些变质岩区工作时所应用的方法，特别是后二者，不一定都能普遍适用，需要根据自己地区的特点，灵活地、创造性地加以应用。此外，还有些方法或意见，只是启发性的叙述，提出的目的是便于大家考虑问题，从而创造更合用的方法，以便总结推广。

在编写过程中，部份省（区）地质厅、局（所）及有关队、有关院校和研究机关曾先后惠送各种插图和照片，并介绍有关情况，或提供其它方面的宝贵意见，使我们的编写工作，得以顺利进行。区域变质岩石的命名和分类及其某些工作方法，曾多次与长春北京两地质学院、河北省区测队有关专业的同志、尤其是董申保同志讨论和研究，得到很多启发和帮助。由于对编写工作给予大力支援和帮助的机构和人员数量较多，不便一一列举，在此谨对他们表示深切的谢意。第一次草稿完成后，地质部地质科学研究院原前寒武纪及变质岩研究室王日伦等同志，曾提出不少补充和修改的意见。这次修订稿完成后，王恒升、李春昱两同志在百忙中抽出一定时间，进行了全面的审阅，李璞同志审阅了第四章有关绝对年龄的采样部份和附录四，闾广同志审阅了第七章和附录一，于荣炳、孙家树、张自超等同志审阅了附录四，都提出了不少宝贵意见。著者等根据他们所提意见，已尽可能作了必要的修改和补充。这对提高本书的质量，起了一定的作用。著者等特向他们表示衷心的感谢。文中插图1、41是由地质科学研究院第一室杨云、曹恩荣等同志代绘；图版中的岩石标本和显微镜照片，部份（辽宁弓长岭和通远堡）系由中国科学院地质研究所照象室 **李时俊** 同志在1950—1951年所照，部份系由地质科学院

照象室郭风九、赵凤山等同志所照，对他們的辛勤劳动也表示謝忱。

最后需要說明一点，由于編写時間仓卒，参考資料收集不全，著者水平有限，虽然經過有关同志的审閱，文中仍可能有許多不正确甚至錯誤的地方，所述內容能否对区測普查工作中起到其应有的作用，都希望讀者提出批評和指正，以便再版时予以修訂。

目 录

序 言

第一章 基本任务和工作的一般原则 7

第一节 在变质岩系分布地区进行区测和普查的基本任务 7

第二节 进行工作时应注意的一般性原则 7

第二章 变质作用、变质带和变质相 9

第一节 变质作用的一般特征 9

第二节 重要变质作用的概述 10

第三节 变质带 13

第四节 变质相 17

第三章 常见变质岩石的分类和命名 27

第一节 总论 27

第二节 热力变质岩石的分类和命名 28

第三节 动力变质（错动变质）岩石的分类和命名 29

第四节 区域变质岩石的分类和命名 31

第五节 混合岩及混合岩化岩石的分类和命名 44

第四章 变质岩区的主要野外工作方法 51

第一节 测制地层剖面、布置观察路线和观察点 51

第二节 各种标本和样品的采取 52

第三节 地层层序的观察和确定 55

第四节 沉积间断的观察和确定 63

第五节 标志层的选择 72

第六节 原岩性质的观察与恢复 73

第七节 褶皱和断裂的研究 76

第八节 岩浆岩类的观察 81

第五章 混合岩化和花岗岩化岩石及混合岩化和花岗岩化作用的观察研究 85

第一节 混合岩化、花岗岩化作用的一般概念 85

第二节 区域性混合岩化作用的证据和标志 87

第三节 野外工作中应观察的内容 88

第四节 混合岩化带的划分 92

第五节 混合岩化作用的中心 94

第六章 变质岩系地层单元的划分 94

第一节 地层大单元划分的原则 94

第二节 杂岩、群、组、段的含义 96

第七章 室内工作 98

第一节 岩石薄片的鉴定和研究 98

第二节 岩石化学的研究 109

第三节 其他项目的研究	117
第四节 几种主要地质图件的编制和表达方式的初步意见	112
第八章 变质岩系分布地区的成矿作用和找矿问题	116
第一节 成矿作用和成矿问题的一般分析	116
第二节 混合岩化矿床的初步论述	118
第三节 不同岩石类型(建造)作为找矿标志的问题	120
第九章 与变质作用和变质岩有关的一些其他问题	122
第一节 变质程度的深浅和地层层序与深度控制关系等问题	122
第二节 各种具有片麻状构造的花岗质岩石的成因问题	123
第三节 多次变质问题	123
第四节 不同大地构造环境中的变质作用问题	126
第五节 某些变质作用之间的关系问题	128
第六节 某些铝硅酸盐矿物的生成条件及其变质意义问题	130
第十章 研究变质地质和变质岩的今后努力方向	130
附录一、变质岩化学成份的计算方法	134
附录二、变质岩中有关矿物的化学成份和比重表	151
附录三、各主要岩石的(岩浆岩、沉积岩及变质岩)化学成份表	154
附录四、绝对年龄测定原理及方法介绍	156
主要名词索引	160
参考文献	164
图版及其说明	169

第一章 基本任务和工作的一般原则

第一节 在变质岩系分布地区进行区测和普查的基本任务

在1:20万—1:10万和1:5万—1:2.5万的区测暂行规范中对测图的所有任务，一般已有明确的规定，为了使今后区测和普查工作进行得更好，着重在变质岩专业方面提出一些基本任务：

一、区分不同变质岩系和岩体，确定其层位及相互关系，并进行详细划分。应尽可能恢复原岩的地层层序和岩相分带，以建立地质填图工作中的地层层序和填图单位，同时推定或确定其时代，这包括了不同杂岩、群、组、段或系、统、阶及不同岩体的划分。其划分的详细程度，必须符合区测和普查工作有关规范所规定的要求。

二、研究岩系（岩体）内部构造，应该特别注意从现在观察到的不同时期的复合构造现象中，去探索恢复早期的和原始的构造，在此基础上再研究不同岩系（岩体）的构造关系并进行分析对比。

三、推断并确定变质岩原岩、原始建造的特点及其生成条件。如果不这样做，填出的图将是岩石分布图，而不是地质图。

四、研究和查明变质作用所造成的变质岩相变化，划分变质带（包括混合岩化带）或变质相，并探求变质作用的过程及其特征，为此必须研究和阐明变质带、变质相和岩浆活动（包括某些花岗岩质流体的活动）、构造运动以及区域大地构造的关系，并在这个基础上推求全区的地质发展史。

五、了解或搞清变质岩地区的含矿层位和含矿建造，指出找矿前提或标志，查明矿产分布规律，为进行矿产预测指出方向，并提出理论根据。这就需要研究成矿作用和不同岩石类型（建造）、变质作用、变质前的沉积作用，以及不同时代岩浆作用（包括混合岩化作用）与构造活动的关系等等。

对已发现的矿点或矿床要进行相应的工作。

在进行工作时，对以上五点研究的深度和广度，以及应该侧重那些方面，将随测图比例尺的不同和普查工作的具体任务的差别而有所不同。

第二节 进行工作时应注意的一般性原则

一、野外工作与室内工作的密切配合：野外工作是区测和普查以及其他地质工作的首要环节。因此，在野外工作时，必须进行十分细致的观察、记录、分析和研究。具体的说就是四多：多敲打、多观察、多分析、多推论；和二勤：勤描述、勤照绘。描述必须忠实而详尽，必要时须采取代表性的标本。经过一阶段野外工作后回到室内，必须及时对岩石及矿物进行一系列的鉴定和分析工作。室内所得数据要结合野外收集的資料进行综合研究，检验和补充修正野外观察所得成果（包括图件的修正）。当某些关键问题的室内数据与野外观察发生矛盾时，除检查室内成果的正确性外，还应到野外作补充观察。野外工作和室

內工作是地质工作中統一的不可分割的两个方面，只有野外工作而沒有一定的室內工作配合，将极大地影响成果的质量。因此要求进行野外工作后，應該有一定時間的室內整理和研究時間。此外也要求野外地质人員掌握一般的岩矿鑑定及其他室內工作方法，糾正有些野外队同志只管采标本、鑑定人員只管鑑定的野外与室內工作的脫节現象。总之，工作过程应遵循野外一室內，再野外一室內的密切結合、反复驗證的原則，工作水平才能不断提高。

二、采用全面了解、由浅而深、重点深入以及点、綫、面相結合，宏观与微观相結合的方法或原則。所謂全面了解、由浅而深、重点深入，就是在对本区地质情况全面了解的基础上，先挑选一些有代表性的或有重要意义的地段，深入进行研究。这样的地段，一般应当是变质較浅，构造簡單，露头較好，因为这些地段的地层层序未受破坏，原岩的残留构造保存較多，比較容易恢复原岩层序和建造，并判断变质作用的发展过程。在这些地段取得經驗后，再推广到深变质及构造复杂的地区。所謂点、綫、面結合，主要是观察点、观察綫要有机地結合起来，測制剖面要与附近一定范围内的区域地质构造联系起来，是既有区域性的了解又有小区域重点的深入工作，形成一个整体的概念。宏观与微观相結合，是既有野外的观察又有显微鏡下和化学分析等資料的詳細研究，这样大小結合，地质客体的規律性就更易掌握。只有点、綫、沒有面，或只有面，沒有点和綫；只有宏观沒有微观，或只有微观沒有宏观，都容易得出片面的結論。

三、充分認識变质岩的特点，才能掌握其生成和发展的規律。变质岩是沉积岩或岩浆岩經受变质作用的产物。变质作用不同于沉积作用。与岩浆岩的形成，也有很大的差别。如变质作用是基本上在固体状态下进行的，一般是由低温漸向高温（浅变质→深变质），而岩浆岩系从高温的液体状态逐漸冷凝为固体（岩石）。变质岩与沉积岩和岩浆岩一样，有它自己的发生发展特征（詳見第二章第一节）。更重要的是，它的特征一般具有明显的双重性：一方面表现为变质作用后所形成的特征，另一方面还多少保留了原岩的某些残留結構和构造。研究变质岩必須充分考虑到这种双重性。此外，一个地区內变质作用的发生和发展，完全受該区內一定的大地构造、岩浆活动等地质因素所控制，它們無論在時間上和空間上，都是密切地联系着的。因此研究变质岩，除对其本身要进行各方面的詳細研究外，还要对有关的各种地质因素作詳細和深入的分析。这样才能掌握变质作用的生成和发展規律。

四、必須采用綜合性方法并加强全面的分析研究。

变质岩分布地区的地质研究，較沉积岩和岩浆岩为复杂，在工作方法上除应用沉积岩和岩浆岩区所通用的方法外，还必须应用变质岩岩石学的研究方法，特別是变质矿物共生組合（变质相）、变质带、岩石化学和地球化学的研究等。此外，在变质岩地区已行之有效的絕對年齡測定等方法，亦应适当使用。在制图时如有物探化探工作相配合，应用这些成果也是十分必要的。但应強調指出：各种方法必須綜合应用，所得結果要全面加以分析，孤立地或片面地采用一种方法，往往容易导致不正确的結論。

第二章 变质作用、变质带和变质相

第一节 变质作用的一般特征

不同性质的变质岩，是不同性质的原岩经历了不同程度、不同性质的变质作用而生成的。变质作用一般不包括地表的风化作用和其他的外生作用的变化，而是在地表以下一定深度内，原有岩石（沉积岩、岩浆岩、甚至变质岩）在新的物理化学环境下、所产生的矿物成分和结构、构造上的一系列变化的作用和过程。可见，对变质岩及其所经历的变质作用进行研究，将有助于对这些岩石所处的新的地质环境（或新的物理化学环境，也就是变质的环境）的推断和了解。

决定变质作用的主要因素有：温度、压力、应力（定向压力）、化学性质比较活动的流体（它的化学活动性同它对原岩成分变换所产生的可能影响）。此外，不同变质作用所经历时间的长短，一般也对有关变质作用及其所形成变质岩的特征，起着不同程度的影响。在一般情况下，它们可以作为外在的因素的变化来看待，但实际上并不完全这样简单。例如在变质作用中，由于放热或吸热反应而产生的温度升降，由于矿物成分不均一而出现的方向性的内部应力，作为岩石组成部分的孔隙流体（水或水气、二氧化碳等等）的流体压力的增减，都与原岩的物质成分有着密切的关系。但除了在变质作用的专门性研究（如变质相等）以外，在一般的情况下，如数据不足，对于这些细节，不一定要加以深究。

一般讲来，不同的变质作用具有以下的主要特点：

一、变质作用基本上是在固体的状态之下进行的，但有时也受到流体活动的一定程度的影响。因此变质岩中常有原岩的残留构造和结构，对于这些现象的研究，可以作为判别原岩岩性和生成条件的依据。原岩构造和结构的保留程度，主要决定于变质程度的深浅。

变质作用的结果，通常产生了到达或接近于化学平衡的矿物组合。

二、变质较浅时，岩石的化学成分一般没有变化，所经历的变质作用，基本上可作为一个封闭系统来看待。变质较深时，则有关的变质作用，常伴随着不同程度的交代作用，使得变质岩的化学成分也有一定的改变，因而它所经历的一系列的变化，已超出了封闭系统的范围。在这种情况下，物质的迁移范围也较大，有些元素、化合物或矿物有各自集中的趋向，因而产生了“变质分异”的现象（图版 I，4），甚至造成了矿产（变成矿床）。交代作用的影响，一般随着变质程度的逐渐加深而递增。同交代作用有密切关系的流体来源至少有两方面：有的和岩浆活动（或属于岩浆活动范畴的作用）有关；有的原来存留于岩石内部，在适当的条件下，才具有较活跃的的化学性质。

三、受到变质作用的岩石的发展过程可以分为两个阶段，一是变质以前的原岩生成过程，另一是变质作用的过程。在有些变质作用中（如岩浆岩的自变作用），这两段历史是互相连接的。

四、岩石的总化学成分对变质作用的演进有决定性的意义。因此，在研究变质作用时必须充分掌握这些资料，加以系统而全面的分析与讨论。如化学性质或某些主要化学特性

相似的原岩，虽然在变质以前的经历和生成情况不同，只要受到同样性质和程度的变质作用，可以变成相同或有相同特性的变质岩，构成吕德(H. H. Read)的所谓“等化学系”的变质岩。当然，在进行具体问题的研究时，还必须与矿物成分及其他岩石特点配合考虑，以免作出片面性的结论。

但必须同时注意到属于相同类型、因此也具有相似化学、矿物成分的原岩，由于受到不同程度的变质作用，可以变成矿物成分差别很大、岩石性质迥异的岩石；而原岩性质不同的，受到相同性质和程度的变质作用后，还可具有一定程度相似的岩石特性，构成吕德的所谓“等物理系”变质岩。

五、发育完善的变质作用可以造成具有完善分带性的变质岩，而不同变质带间的分界线，一般与原有地质界线（如地层的分界线）不相符合或平行。每一变质带是在一定的物理化学环境下生成的，具有一定的或一定组合的矿物，具有一定的岩石特性。由于变质作用过程中具体情况的不同，有些变质带发育较差，甚至缺失。不同类型的原岩对于相同变质作用的反应有一定或很大的差别。一般的粘土质岩石，由于成分复杂，组成物质粒度微小而又基本上达到平衡状态，对于变质作用的反应最为灵敏，具有多样化而又可详细划分的变质带，在多数变质岩地区中是应该首先而重点研究的一种岩石类型。根据这些岩石所产生的变质带，可以推测其他类型岩石在相应的物理化学条件——变质作用条件下产生的反应，所造成变质岩的特性，从而逐渐积累进行“变质对比”的可靠资料，建立“等物理系”的变质岩——变质相。

六、变质作用所经历的时间愈长，它们所到达的变质程度往往愈高，至少，它们所产生的影响愈明显。

第二节 重要变质作用的概述

由于原岩生成地质条件的不同，以及变质作用过程中具体物理、化学、时间等条件的差别，因而产生了种类繁多的变质岩和不同性质的变质作用。对于变质作用的分类和命名，迄今还没有取得一致的意见。较普遍的是大致根据一定变质时期^①内决定变质作用的主要因素（见本章第一节）、并结合地质条件和变质岩的岩石特征而进行分类，但命名方面，仍缺乏统一的标准。下面对几种常见而重要的变质作用，作简略的叙述（参阅第九章第四节）：

一、热力变质（接触变质） 这主要是岩石受到高温的热能影响而发生的变质作用，应力和压力（静压）的作用很小，在一般情况下，具有化学活动性的流体的影响也不显著，因而基本上没有外来成分的加入。这种作用通常发生在侵入体附近的一定范围内，也就是所谓接触带的范围内，所以称为接触变质。影响所及的岩石主要是侵入体的围岩，但有时在侵入体的边部，又受到围岩受热以后所发生的一些物理化学作用的影响，而产生变质（包括规模不大的物质迁移），因此也就有了外接触带和内接触带的区分。经历了接触变质作用以后，在许多岩石类型中，产生了一些典型的新生矿物组合，其中包括了不少所谓“接触变质矿物”或“接触矿物”，如粘土质岩石中的红柱石和堇青石等；组成的矿物一般没

① 同一地区内不同变质时期所产生的变质作用，则根据它们各自的特征分别命名，但可概括地称为“多次变质”或“复变质”作用。

有定向排列現象，構成所謂角岩（即角頁岩）結構；又重結晶作用使得原岩的構造、結構（如沉積岩的層理、區域變質岩石的片理）局部或幾乎全部消失；因而使得典型的接觸變質的岩石具有一定的特征（詳參本章第三節和第三章第二節），說明它的變質條件和過程不同於其他變質作用所產生的岩類。

產生上述接觸變質作用的侵入體，由於它同圍岩的溫度和其他的物理或化學條件差別很大或較大，冷卻較快，因此變質作用的延續時間較短，變質作用影響的範圍較小或很小，與圍岩之間的界綫清楚，構成所謂侵入接觸（參閱第四章第八節）。根據已有地質資料，作者等認為這些侵入體一般產生於活動性不大的地區和時期，如地台或屬於地台範疇的地區、或地槽區的地槽發展早期和晚期；一般也不出現於深度很大的地帶。我國北方、揚子江中下游某些燕山期中酸性侵入體附近^[13,15,17,27,28]^①和其他地區其他時代的侵入體^[16,18]附近，都曾有比較典型的接觸變質作用和岩石的生成。

在某些侵入體附近，具有化學活動性的流体，尤其是揮發份十分活躍，因而有明顯的接觸交代變質作用和氣成熱液作用等的產生，同時形成了某些礦產。另與熔岩相接岩石所受到的焙烤作用或玻璃化作用，某些基性侵入體或熔岩中捕房體所受的“高溫變質作用”^②，也都屬於廣義的熱力變質作用的範疇。由於它們生成的具體物理化學條件的不同，因此形成的變質岩石也同上述的接觸變質岩石有所差別。

二、動力變質（錯動變質） 這主要是岩石受強烈應力作用而發生的變質作用，沒有受到較顯著的溫度或壓力增大的影響。通常發生在強烈的褶皺帶、斷裂帶或逆斷層附近，分布範圍小，呈帶狀分布，寬自幾厘米、幾百米、乃至幾千米，長達幾公里、幾十公里、乃至幾百公里。這是動力變質的狹義解釋，也就是所謂“錯動變質”，與過去（較早時期）某些地質學家對動力變質所作的廣義解釋有所不同。

根據岩石性質的不同（剛性或柔性）和應力的大小，可以發生機械性質的破壞作用或（和）化學性質的分解與化學反應，到一定程度便產生了新的礦物。在較剛性的岩石內，很容易發生角礫化和破裂的現象，有時並有較為密集的近乎平行的擠壓面的生成，造成所謂透鏡狀、扁桃狀，或壓扁狀構造。最後變成粒度較小兼有新礦物和殘留礦物的不規則流紋帶狀糜稜岩。應力的作用也可使某些礦物產生光學性質的變異。新礦物的種類主要決定於原岩的化學和礦物成分。柔性的岩石常受應力作用而產生片理化或小褶皺現象——褶扇狀構造（圖版I，1）。此外，也有由於擠壓摩擦發生高溫使岩石局部熔化，又再快速冷凝生成近似熔岩的暗色玻璃質岩石。

新疆維吾爾自治區北部中、下古生界和侵入於其中的花崗岩類，由於受到了上古生代的劇烈錯動而產生的典型糜稜岩和其他動力變質岩石（圖版XVI），是典型的動力變質實例之一。

三、區域變質 這是在溫度、應力、壓力不同程度增大和變化的影響下所產生的變質作用。一般講來，變質作用較淺時，應力作用影響最大，變質程度加深時，溫度和壓力的作用即逐漸加大，終而成為主要的變質因素，同時，化學性質活躍的流体也常發生較重要的

① 方括號中正體阿拉伯數字是參考文獻的號碼（見參考文獻部分），其後如有斜體的阿拉伯數字，是相應參考文獻的頁數。

② 英文 pyrometamorphism，俄文 пирометаморфизм。

交代作用。这种变质作用的延續時間一般較長，它的分布和变化的范围也很寬廣，具有区域性的意义，因此統称为区域变质。它包括了某些文献中的“热动力变质”^①、負荷变质^②等作用，但包含的内容和范围較廣而全面，代表着一定地质环境（見后）的系統变化过程中所产生的变质作用；它的低級变质阶段的物理化学条件比較接近上述的动力变质作用，因之，曾有人称为区域性动力变质，但两者的地质环境不同。区域变质作用生成的变质岩，除了不同岩石类型在一定的变质条件下具有一定的矿物組合^③以外，在不少的情况下，其組成矿物，还往往具有明显的排列，造成了千枚状、片状、片麻状等构造，或呈現某些典型的結構。

根据現有資料，在空間方面，区域变质地区多是地史上的造山运动地带，运动最剧烈的地段也是古代地槽的中心地带，往往是变质程度最深的所在，也常是中酸性深成岩浆活动（或属于岩浆范畴的活动^④）及有关的地质作用^⑤或区域性的混合岩化、花崗岩化作用的中心区域（參閱图38），处于地表以下較深的地段內；由此向外，有时可以看到有一定次序的变质程度逐渐降低的区域变质带。在時間方面，这种作用主要发生于地槽发展过程的中期，也就是主要褶皱时期和迴返期，它的影响有时复合在地槽早期侵入体附近所产生的接触变质作用的遺迹之上，出現了“多次变质”或“复变质”現象。我国不少地区的前寒武紀变质岩系和某些地区（如四川西部）的較新地层都經历了程度不等的区域变质作用。

在不少地区，区域变质作用同有关的混合岩化、花崗岩化作用是同时期的，并且是同一地壳运动的产物，但在有些地区，后者的晚期作用的終止較前者的完成为晚，出現了部分的超复現象。

由于在許多地区，区域性的混合岩化、花崗岩化作用是較高級的区域变质作用进一步演化的产物，有人称它为超变质作用；也有人將它們合称为深成变质作用或深成作用。

以上是对几种变质作用的“典型性”的叙述，事实上不但在相同类型中存在着一定的差别，而且在不同类型的变质作用之間，也有时出現了渐变的、过渡的情况。介乎接触变质和区域变质之間的过渡情况更較常見。如在某些褶皱区的花崗质岩体附近或某些褶皱区所見的紅柱石或堇青石片岩^⑥、含紅柱石或堇青石的十字片岩或蓝晶片岩等，它們的矿物組合、生成条件和分布范围介于通常的接触变质和区域变质之間，而矿物的結構构造却不同于接触变质岩石，其特性大致和一部分地质学者^[14,72]所称区域性接触变质或区域性热力变质大致相当，也即大致属哈克尔^[67,230]所謂“弱应变质”或“挫应力不足的变质作用”^⑦范围的产品。根据作者等了解，这些花崗质岩体基本上具有侵入体的特征；但常对围岩产生一定程度的交代作用影响，因而和后者构成“交代侵入接触”（見第四章第八节）。如新疆維吾尔自治区北部古生代地槽沉积，在地槽中部受到华力西褶皱和有关中酸性岩浆活动的

① 英文为 dynamothermal metamorphism; 俄文为 динамотермометаморфизм.

② 英文为 load metamorphism; 俄文为 метаморфизм нагрузки.

③ 如粘土质岩石中的綠泥石、絹云母、鈉长石和石英組合，黑云母、鉄鋁榴石、中长石和石英組合，黑云母、蓝晶石、鉄鋁榴石、中长石和石英組合等等。

④ 包括“再生花崗岩漿的活动”（見第五章第一节）。

⑤ 包括边緣带混合岩化作用（見第五章第一节）和混染作用。

⑥ 值得注意的是，不是一般接触变质作用生成的紅柱石角岩或堇青石角岩。

⑦ 英文: metamorphism under deficient shearing stress.

綜合影响而产生的变质作用^①大致属于这一类型，其特点是含有一些不稳定的矿物組合，具有矿物組合的多变性和突变性，从而指示出該区华力西期变质因素在空間上的多变性和突变性；又如海南島石碌附近上古生代（？）斑状花崗岩的围岩所呈現的变质現象也属于这一类型。但前者和通常的区域变质比較接近；后者則与一般的接触变质比較接近。

除此以外，还有：冷却較慢的侵入岩适应逐渐降温情况而产生的“自变作用”，与形成渐进的区域变质作用或接触变质作用的条件演变方向相反的“退化变质”，但从它的发展观点来講，实际上已属于多次变质的一种特殊类型。这里不再一一作适当的叙述了。

根据以上所述，可見自然界的变质作用是复杂的、多样的，在它們之間，有的还存在着漸变过渡关系，正因为这样，它的分类和命名都缺乏系統性和統一性，如有的系根据主要变质因素来命名（如热力变质），有的却采用了其他的原則，如区域变质、接触变质等。但各方面的岩石工作者，近年来对上述一些重要而常見的变质作用涵义和特点的認識，已漸趋一致，作者等仍沿用一般通用的名詞。

关于和变质作用、尤其是区域变质作用既有联系又有差别的混合岩化、花崗岩化作用，除在本章第四节的末了有所論述以外，将在第五章进行專門的討論和叙述。

第三节 变 质 带

不同变质岩石的分带現象，常能在野外直接看到，并表达于一定比例尺的地质图件之上；但其規模和明显程度却很有差别。这种分带現象，是原岩受到不同程度的相同变质作用后所产生的矿物組合和結構、构造方面的带状差别，是岩石变质以后所显示的、有規律的岩相变化，用以指示在变质过程中变质营力（即变质因素）的空間变化情况及其和某些地质因素或現象的关系。如在侵入体四周的接触变质圈（或接触变质量）中的岩石，由于变质过程中距离岩体远近不同而所受热影响差别，出現了不同变质岩石，并分别含有生成温度低高不等的矿物，分別代表了在一定的物理化学环境中自低級至高級热力变质的产物；因此它的变质带的分界綫不但划分了变质作用的“等級”^②，而且在地质上具有等温綫的意义。經受变质作用的同一地层单位或岩石类型，可能分属于几个变质带；反过来，同一变质带可能包含了不同地层单位或岩石类型的岩石，但經历了变质过程中相似的物理环境的影响，属于同一“等物理系”（參閱本章第一节）。因此，只有在既能正确建立原岩地层层序或岩相分布又能合理划分变质带的基础上，結合地区地质特征的研究，才能闡明变质岩地区的地质发展史。

在地质填图工作中，为了更好地划分与确定变质带，除进行大致垂直于地层走向的路綫和地质点的观察以外，还必须沿着原岩岩层走向，追索变质岩相（变质带）的变化，往往可以确定同一层位或同一原岩岩石类型在相邻两带間的过渡关系——相邻变质岩相的变化和过渡关系。一般須首先选择某些适当的岩石类型（如粘土质岩石）来追索变化，然后选定地区性的不同岩石类型的綜合分带标志。在野外划分变质带时，应根据下列三方面因素加以綜合考虑：

① 根据新疆维吾尔自治区有关区測队报告（參閱图版XVI），有关侵入岩为斜长花崗岩、石英閃长岩和黑云母花崗岩等。

② 英文为 grade，俄譯名为 степень。