目　录

第 1 章　绪言……（1）
1.1　目的与范围……（1）
1.2　研究变质岩的方法……（2）
1.3　几个有益的概念……（3）
1.4　本书的内容安排……（4）
1.5　进一步的阅读……（6）
第 2 章　基础知识……（8）
2.1　工作阶段……（8）
2.2　变质岩构造的成因……（15）
2.3　岩石的名称与类别……（20）
第 3 章　变质岩填图……（27）
3.1　野外用图和野外记录本的使用……（27）
3.2　建造与标志层的确定和填图……（29）
3.3　变质岩的接触关系和边界……（35）
第 4 章　带状岩石……（38）
4.1　厚层带状岩石……（40）
4.2　薄层状和条带状岩石……（45）
4.3　三维空间观察……（49）
第 5 章　矿物、岩石类型、成分和变质等级……（51）
5.1　矿物……（51）
5.2　细粒物质……（57）
5.3　岩石类型名称……（60）
5.4　岩石类型的记录格式……（63）
5.5　成分类别与变质等级……（64）

第 6 章　结构、组构、劈理和片理……（72）
6.1　概 述 ……（72）
6.2　结 构 ……（74）
6.3　组构、劈理和片 理的 类型……（77）
6.4　横切岩层的 变形 组构……（85）
6.5　变形 组构 与褶皱……（88）
第 7　分散的实体：透镜体、石香肠、眼球体、假象、脉和伟晶岩……（92）
7.1　石香 肠和 剪切透镜体……（92）
7.2　眼球体，压扁条带和 矿物 大颗粒……（96）
7.3　假 象……（100）
7.4　脉 与伟 晶岩……（104）
第 8 章　接触带和反应带……（115）
8.1　火成岩接触带——接触变质晕与交代作用……（115）
8.2　接触带上的反应带与 化学 变化……（119）
第 9 章　断层、糜棱岩和碎裂岩……（126）
9.1　断 层……（126）
9.2　断层和剪 切带 岩石类型……（127）
第10章　附表与索引……（133）
10.1　成分类别及其变质级标志……（133）
10.2　矿物……（142）
10.3　以矿物为基础的岩石类型命名……（152）
10.4　结构与组构记录索引……（153）
10.5　岩石特征索引……（154）

第1章 绪 言

1.1 目的与范围

本书从事于变质岩石和变质地体的描述，基本上用于讨论在野外仅用基础装备（放大镜、地质锤、倾斜仪等）所能观察到的那些变质岩特征的描述问题。此书主要为应届大学毕业生编写的，但是对其它年级大学生、研究生、专业地质工作者或业余爱好者等从事变质岩区的一般性描述工作的人们也有帮助。书中所提供的系统格局，尽管读者的专业兴趣或基础可能有差别，却也能使他们得出有用的、基本相似的描述。本书未提供变质作用的详细的专业性解释。

本书与沉积岩和火成岩的野外描述手册配合成套。因此，它不包括岩石变质前具有的、明显属于沉积岩或火成岩的那些特征，这些特征有时仍能保存在变质岩石之中。在保存有变质前岩石特征的变质岩区工作时，读者必须选定或者只参考本手册，或者参考成套手册。

变质地体可描述的特征有：

1 变质前原岩的（虽然可能已变得难以辨认）。

2 变质的——与部分矿物的变化有关。

3 交代的——包括化学组分的迁移和矿物变化。

4 构造的——与岩石的变形作用有关。

由于前三者都必须有显微镜和化学方法来进行专门性研究，故野外对它们作非专门性描述实际上有着一定限制。但

是，野外对构造特征的描述则无多大限制。地质图的填制是基础。本书专辟一章讨论在变质岩地区填图时会遇到的问题。填图技能应参考本书的姊妹篇《基础地质填图》。变质地体构造和变质诸方面之间的定性关系是重要的。本书对处理这一问题给予了指导。变形定量几何学和变形机制超出了非专门性描述范围，这里不予讨论。

1.2 研究变质岩的方法

人们普遍地认为变质岩是最难辨识的岩类，用于变质岩石学室内研究的技术确实使人感到玄秘，显然不能为野外描述提供任何基础。如果我们带着诸如："这岩石的共生组合是什么？""它属于什么变质相？","它具有花岗变晶结构吗？"等等问题去研究岩石露头，就可能在记录薄上什么也记不下来，最后带着为难和缺憾而返。那么，我们怎么办？

首先，我们要放弃深奥的术语。否则，在就矿物方面的证据作综合描述时，关于"相"的问题会促使我们草率地作出假定的解释；还有如"花岗变晶"这样的结构术语会促使我们用文字来表达那些形象的东西，其实对它用图画来表达时更形象化。因此，不要相信这种说法：聪明的办法是对变质作用作解释而无需顾及证据不足，或在描述中使用重要术语，实际上这些术语所表达的资料比非文字的记录更少。本书将不再提到"共生组合"、"变质相"或"花岗变晶"这类术语，用肉眼可定矿物和结构的描述记录来代替它们，并对变质条件作出简单推论。

还有大量的变质岩，其中的矿物与结构并非肉眼可识别，应该描述能看得见的而不必担心那些未识别出的。如果可见的特征具有不同的性质（例如一些脉），这就是应该描述的

（见本书有关脉的章节）。

变质岩描述工作中的真正困难是它的种类相当简单，不能所有的都用同一方法给予描述。于是本书第6章将提出一个替代方案，即按照岩石是细粒的（在10倍放大镜下也无法分辨其颗粒），还是粗粒的（肉眼可看到颗粒）来描述其组成特征。然后考虑可以在各类变质岩中偶尔出现的特征（如假象）。总要适当地自问："有假象存在吗？"。若有，就描述（见本书假象一节）；若无，就转而考虑别的方面。

很清楚，本书的任务是讨论与变质岩一样具有广泛多样性的岩石特征。本书末有一份索引供读者查找具体的岩石特征。但是，不可避免地，读者必须确定哪些章节与他所研究的岩石有关。

1.3 几个有益的概念

在阐述本书的结构之前，有些术语和处理方法要弄清楚。本书将把"解释"与"记录"，"推论"，"综合"这些概念区别开。一份优秀的变质地体描述并不仅仅体现野外记录，它是通过直接推论（如云母片岩是变质的沉积岩）和综合叙述来组织和编辑这些野外记录的结果。这种综合叙述是对整个变质地体地质，而不仅仅是对岩石的描述，它要说明岩石各方面的特征（成分、构造、变质作用等）以及由此所得出的这些特征的相互关系。要避免进行解释，即要避免把叙述过程当作"解释"过程。记住：一份优秀的描述之所以出色，是由于它是通过地质现象间的相互关系来确定该变质地体的总体形态和地质历史，而不是求助于假定性的成因解释。2.1节概述了在变质地体描述过程中不同阶段的工作。

还要区分关于"什么是岩石"的不同理解。若问及某人

“这是什么岩石？”可能得到有充分根据的回答“是用作路标的石头”。对地质工作者就可能得到象“古红砂岩”或“长石砂岩”这样的答复。这些例子说明，在提及“岩石”一词时，可能指一个物体或一类特殊岩石，或一种材料。在必要之处，本书将分别用岩石、岩石单位、岩石类型来区分这些概念。从不同角度进行岩石命名时，这种区分就显得特别重要。关于岩石命名在2.3节将进一步加以阐述。

最后要提到“出露”和“露头”的区分，虽然这两个词常常作为同义词使用，但有时还是要给予两个确切的定义。一个具体的岩石单位在地面出现的地方，可严格地称为该岩石单位的出露，即使它完全被土壤、沉积物、植被或滞流水等所复盖。出露的岩石未被任何上覆物所掩盖的那一部分是看得见的，即是该岩石的露头。

1.4 本书的内容安排

从目录可以看出本书的安排，就象对变质地体的描述一样，是从一般到特殊。开始是讨论如何研究一个变质地体（第1—3章），继而依次讨论变质岩不同的野外特征（第4—9章），最后是一些表格和索引，可供野外工作时参考（第10章）。

第1章是介绍性的、而几个表可能例外，如果本书有一段时间未用，那么第1章也许只要读读这几个表就够了。野外工作开始阶段，表1.1也许能提醒读者注意本书同工作区内特有的岩石类型相对应的有关章节。这些章节一开头就介绍了具体特征，这是这一阶段应该阅读的。野外工作中，第10章的索引可能对查阅有关章节更为有用。在这些章节中都有“在野外”一项，对于应记录些什么都给予具体的指导。

第2章（题目是“基础知识”）涉及三个不同的课题，

表 1.1　与具体变质地体类型有关的章节

变质地体类型	岩石单位和带状构造的确定与描述（3章和4章）	主要岩石类型命名时的主要特征（5.3节）	结构、组构和可裂性	涉及章节
板岩带	沉积的（和火成的）特征	细粒的：物理性质（5.3.3节） 粗粒的：变质前的矿物（5.3.2节）	6.3—6.5节	7.1，7.2，7.4节
结晶质地块： 火成岩 {片岩和片麻岩 {断层/糜棱岩带	火成特征 如下	火成岩的成份 如下	火成结构 如下	7.3和7.4节 如下
区域性片岩和片麻岩	变质岩类型及其组合（加上原岩的结构和构造残余）4—7章	变质矿物（5.3.1节） 原岩的残存矿物（5.3.2节） 加上眼球体名称或原岩结构名称	6.1—6.5节	7.1—7.4节
混合岩见2.3.2节	岩石类型组合包括变质的与火成的岩石类型，构造和各类型及比例。4—8章	按习用的火成矿物或变质矿物（5.3.1节）	6.1—6.5节	7.1—7.4节
角岩见8.1节	变质前的特征及接触变质晕带8.1节	物理性质（5.3.3节），加变质前岩石类型，加上任何可见到的变质矿物	6.2节	7.3和7.4节
反应带与交代带见第8章	分带和变质前的岩石单位，8章	变质矿物（5.3.1节）	6.1—6.3节	—

续表

变质地体类型	岩石单位和带状构造的确定与描述（3章和4章）	主要岩石类型命名时的主要特征（6.3节）	结构、组构和可裂性	涉及章节
断层岩石和脉棱岩 见第9章	断层岩石类型、性质、原岩及比例。9.2节	如表9.1，加上任何可分辨的矿物、残留物、物理性质	6.1—6.5节	7.1—7.4节

其实每节都可单独成为一章。此章的共同特点是需要多动脑子思考。这些分节所提出的，也许会澄清在变质岩区的整个野外工作过程中的一些看法和概念。第2章有点难，阅读时切忌匆忙，可利用象野外旅行的机会，或利用因气候而停止野外工作的时间再次阅读。

尽管第3章（变质岩填图）的处理也许有雷同处，但也包含了在野外更有直接用途的具体指导（如关于记录本和照片），尤其是野外工作的最初几天。

在关于岩石特征的几章里，第5章和第6章讨论的是岩石描述工作的核心问题——矿物，岩石类型、结构及有关的性质——它们适用于所有变质岩。第7章研究的对象是出现于某些变质岩中的眼球体和脉等。第8章和第9章讨论岩石变化的多种形式，这些变化可能与岩浆活动、接触带或构造活动带相伴生。按此顺序，当讨论到某个特征时，对它的来龙去脉就可以用前面讨论过的特殊术语来描述。因此，这是研究和描述变质地体的适宜顺序。

1.5 进一步的阅读

读者可能希望进行进一步的阅读或者将对野外地区地质

表 1.2 参考读物

A 节 专 题	参 书
填图	J. W. Barnes，《基础地质填图》，伦敦地质学会手册，欧彭大学出版社1931,1982
沉积岩	M. F. Tucker，《沉积岩的野外描述》，同上
地层学方法	C. H. Holland等，《地层学方法入门》，伦敦地质学会专报，第11期，1978
变质作用等级	H. G. F. Winker，《变质岩成因》，第五版，斯普林格—韦奈格出版公司，1979
断层岩石	R. H. Sibson，《断层岩石与断裂机制》伦敦地质学会，杂志第133期（1977），P191—213
假玄武玻璃	J. Grocott，《假玄武玻璃生成带的断裂几何学》，构造地质杂志，第3期(1981)，P169—178
B 节	
	R. Thorpe，《火成岩的野外描述》伦敦地质学会手册，欧彭大学出版社
	B. E. Hobbs等《构造地质学纲要》，约翰·怀利，1976
	J. G. Ramsay和M. Huber《当代构造地质学方法》阿克德米克出版社，（即将出版）

学的各个方面进行深入研究。为了方便读者，本书对许多论题的处理方式是与一些特定出版物一致的。这些出版物列于表1.2的A节中。

选了三本可能对读者有益的出版物列于表1.2的B节中。在详细的构造关系方面，Hobbs等人对变形组构的处理方式与我们有些相似。建议打算对构造作深入研究的读者参考Ramsay和Huber的著作。对火成岩的野外描述可参见本书的姊妹篇。

第 2 章　基础知识

2.1　工作阶段

2.1.1　野外工作的准备

检查：

1　有能安全地生活、填图和描述岩石的野外必要装备。

2　必要时，作事先安排，从健康状况，后勤工作、法律手续和同地方当局打交道等方面保证能顺利进入野外工作区。

3　填图用的底图或航片的内容、版本和比例尺要适当。

根据工作区内要出现的岩石类型（许多变质岩区，三大岩类都有出露）阅读这套关于填图和三大岩类野外描述的系列手册。

关于岩石名称，倾向、倾角的记录，位置（例如座标），单位（如只能用国际单位——SI），素描图或照片的比例尺（如用一个米尺，而不要用地质锤、镜头盖或硬币作参照物），地质图的颜色和符号，当地地名的写法（在不止一种语言文字的地区工作时）以及样品的标鉴写法等，有一些习用规定（由任务的性质、室内设计书或这套手册所决定），要遵守这些惯例。

如果是初次接触变质地体的描述，同时有时间的话，可尝试对具有某些特征、特别是本书讨论过的特征的少量岩石露头作一番描述，这能使人了解哪些工作容易，哪些工作困

难，从而可能对野外工作时间安排有帮助。

2.1.2 踏勘

如果工作区范围和地理条件允许，应步行（或驱车或骑马）踏勘全区，最好在高处尽可能地看到全区景貌。记下由于地形或植被的影响而难于通行的地方，主要的天然障碍（如河流、峭壁）以及进入本区各处的主要道路。

还要标出将进行工作的变质地体边界，记下区内出露的不同岩石类型的大致布局，记下每种岩石类型露头的范围和形式（河沟溪谷、丘顶巉崖、河床）以及这些良好露头是否展示了有用的地质信息（矿物、结构、构造、脉等）。

记下可能确定填图单位的特征（3.2.1节）；记下便于描述的岩石单位的大小，看它是否能与用于填图的建造单位（或它们的一部分，或它们的一组）正好符合（3.2.5节）。

对于地质专门训练期的，或本类手册的一般讲授中未讨论过的极其特殊的，或局部出现的然而可能有用的现象，要列表表示。颜色、节理、风化类型和植被的发育程度可能与岩石类型有密切关系（但也可能因地而变，表明与地形有关）。

记下可能是难点的任何矿物、空间关系等，并对之试行分类。在进行野外工作规划安排时，要考虑这些需要额外的时间加以研究。

同样要记下非地质工作的事情，如道路、公共交通、食宿点、便餐等等。在确定野外工作如何进行方面，这些同样是重要的。

2.1.3 编制工作时间表

一份好的地质描述并不要求把时间均等地花在相同地理条件地区或相同岩石露头地区。甚至倾全力于具有最丰富地

质信息的露头时，也不一定能作出完整的描述。花些时间去研究地质信息贫乏的岩石也许必要。应尽早地确定哪些地方值得花费时间，特别是那些显示关健联系的地点。这有利于找出及显示区域上的相互关系，有利于区域性综合分析。它们可能包括如下内容：

1　空间关系，例如哪个岩石单位沿接触线切割哪一个岩石单位；或褶皱枢纽内变质组构的方向。

2　成分或变质级总的渐变出现不一致性的证据。

3　可能为变质前不整合或火成接触现象的证据。

4　相对未变质或未变形的透镜体内所存在的变质前（或更早）的矿物，或变质前的定向组构的证据。

5　变质前构造的存在，例如沉积构造，尤其是层理或条带。

6　两建造之间矿物成分的突变。

可是仍不要忽视描述单个岩石类型。如果不将所有岩石的描述记录联系起来，讨论地质体的相互关系只是在浪费时间。还应记住，呈层状或带状的岩石序列可能包含着层状构造的特性（旋迴变化、构造重复或倒转等）。只有花时间做了工作之后，例如编制柱状图表后，才会弄明白。

因此，总结起来，应包括于工作时间表内的任务有：

1　勘查全区，完成全区的填图，并划分出适当的分区。

2　描述记录显示有许多详细地质现象的具体露头。

3　记录并显示可能的关键性位置的特征。

4　归纳出层状岩石序列的总体特征。

5　检查全部接触带、地质界限和断层，并记录它们在空间上的相互关系。

6　考虑到地质的或非地质的意外困难可能发生，要留

有一点机动时间。

这些工作时间安排取决于整个工作期限、工作区的面积和岩石露头的清楚程度。

如果有充裕的，比如说一周以上的时间来逐日研究一个分区，那么，对每一研究起点相同的分区，时间安排上可以分成大致相等的三个阶段：常规填图和记录；对填图时未作详细工作的复杂露头、层状岩石序列和接触带进行重点研究；记录选定的关键位置和所得到的关于各种地质体相互关系的实例（柱状图表、岩石结构、网格素描图等）作为最后工作报告中说明问题的根据。高等学校专业训练通常包括这些内容。

如果由于时间不足或路程艰难，不能重返任何露头作多次工作而必须向一分区转移时（通常就是这样的），那么，处理办法就完全不同了。在弄清是否值得做均等研究工作之前，应将时间大致平均分于每个建造、每条穿越线或每一工作分区（保留一定的机动时间）。然后，在每份时间内，再按上边提到的任务进一步划分时间。

在极个别情况下（确会发生这种情况），要花时间去找少而分散的露头，那么，每个露头都要作为特殊情况对待，要记录每个细节。

2.1.4 填图和野外记录

野外基本工作主要是从一个岩石露头走向另一个岩石露头，逐个地确定其岩石类型并找出它们反映的地质意义。这就是工作开始阶段的主要工作，甚至工作临近尾声它还要占大部分时间。记录内容有以下几项，其着重点经常不同：

1 填图。

2 描述岩石的详细特征并绘制素描。

3　描述接触带、断层和断裂带的细节并作素描。

填图要求沿标志线等追索接触界线。描述工作要求记录接触界线间和标志层（线）间的建造。这两项工作是互为补充的。确定标志层的独特性和意义的唯一方法是研究其所在的建造。另一方面，每一接触界线都代表它所分隔的两建造间某种性质的联系。当你不断交换填图和描述时，你就会发现并解答工作区内的地质问题。

记录岩石特征细节时，容易抓住一个细节而忘记另一细节，特别是对变质岩。因为变质岩具有多方面的变化。本手册内10.5节为岩石特征的索引。本书按此索引顺序，对岩石特征加以讨论。在每个大露头或露头群上开始工作，以及离开它之前，浏览一下该索引是有帮助的。

作了几天常规野外工作之后，应回顾一下已完成的工作，这一回顾有几个好处，你也许得力野外工作规定一下进度表；需要对已表达在描述中的地质现象的认识作一番评价；也许得对现有的野外记录作补充并安排下一步工作。

2.1.5 描述建造

适宜于最终报告里引用的对单个岩石的描述，应即时进行并记录在野外记录本上（记在记录本的其它页内，以免和野外其它记录相混淆）。此种临时性描述也许以后需要改动，但是根据野外记录本上已有的记录及所获得的新证据，是能够作出这种描述的。

除了填图与记录之外，还有五项工作。在认定工作区某具体部分的野外工作已完成之前，这五项任务还必须进行：

1　岩石单位的描述（包括简要素描图）。

2　接触带和断层的描述（包括简要素描图）。

3　有代表性的定向标本的选择（分别代表极端的、独

特的和标准的岩石)。注意在标本上标明方向。

4 检查核对准备在描述中用以说明论点的有用实例的那些素描图。

5 校核所有的柱状图表等是否确定具备代表性。

2.1.6 选择详细工作地点

对一些岩石单位做过工作后，多少应该了解哪个地方值得花费时间做进一步工作。这种地方应该是能了解或能证实地质体间的相互关系、但仅通过一般性观察和填图又不可能了解得很清楚的露头。大比例尺网格作图法（Gridding）和柱状图表法（logging)(4.2.3节和4.1.3节)是用与主要地质图不同的比例尺作图的两种方法。是否需要作此种进一步的详细工作，应该由地质方面的需要与否来定，而不应为做而做。

2.1.7 提出全区总的地质轮廓

野外工作晚期阶段，应着重考虑全区的地质格局，最后报告将按此描述岩石。有了即将完成的野外地质图和剖面图，有了对建造和接触带的描述，以及具代表性的图表和素描图，就可做以下工作：

1 提出该变质地体的地质历史。

2 提出岩石单位的级别划分方案。方案既要反映岩石单位之间地质亲缘性，又要简便易行。

寻找有无对地质历史的其它解释和另外的岩石单位级别划分方案，以便重点解决仍有分岐的那些地质关系。注意单个的野外记录和面上普遍反映出的岩石单位间历史的和空间的关系，这些关系存在着不一致之处。一般说来，为了避免倒退回去做弥补性工作，野外记录必须是完全的。最重要的单个点上的观察记录，虽然不会有多解性，但在野外工作后

期，也应进一步证实肯定，也许应做更详细的记录，使阅读此描述的人信服。

2.1.8 编写报告

最后工作报告首先应有一简短的综述，说明野外工作最终建立的岩石单位的相互关系及其级别划分。然后叙述次一级的岩石单位，先描述其一般性特征，接着是其独有的特征。

表 2.1 最后工作报告可采用的格式

1 导言性叙述
工作区域及其边界
何时、何人做过工作。
所使用的底图及其比例尺、来源和出版时间。
工作条件的特点（例如，异常的积雪复盖、攀登装备、运输方式）。

2 简要陈述不同岩石单位出露的地理分布，它们和地形的关系，露头的清晰程度以及一般风化状况等。

3 叙述(最好用表格形式)详细描述所用的岩石单位的级别划分，填制地质图和剖面图所用建造的确定根据，填图所用岩石单位与描述所用岩石单位之间的对比。叙述到呈层状的岩石单位时，按比例绘制一个全区性的地层柱状图，是展示层状岩石单位之间的关系的好办法。

4 岩石单位的描述。可以先描述一组岩石单位共有的特征(例如，共有的变质等级或组构方向)，继而依次描述各岩石单位。根据需要可将岩石单位作次一级的划分。若对岩石单位划分有疑义，可用本书安排的按特征顺序进行描述（单层、矿物、结构等）。
描述时，可附一详细的说明性地质图或详细的柱状图表(图示典型情况或极端情况)，并说明岩石单位变化的趋势。
注意将接近接触带的和位于接触带的岩石特征变化情况叙述清楚。

5 综合阐述地质体的空间模式与分布(例如，根据野外证据进行地层对比，沉积相分布，火成侵入体模式，变质级模式，地质构造综合，矿化作用的分布)。

6 地质历史。叙述已确定的和尚未确定的内容，并将该区地质史与其它地区的地质史或其它的研究结论进行对比。

7 精制-复印地质图与横剖面图。

8 全部野外实际材料（记录本、野外用图与剖面图、详细工作计划和柱状图表等）。通常还有在描述中例具的和提及的有代表性的岩石标本。

岩石单位应按其建造的时间顺序描述，其余所有的都是这样。表2.1给出了报告编写所要求的格式。

2.2 变质岩构造的成因

如果在变质岩中能分辨出任何构造，那么，这种构造是由岩石的物质组成(颗粒形态及大小)或化学成分从某一点到另一点所出现的变化表现出来的。因此，了解造成岩石的这种组成上的不均一性背景和使这种不均一性消失的可能原因是很重要的。

2.2.1 引起岩石组成不均一的原因

1 变质前存在的复杂性是由沉积作用，火成作用或成岩作用造成的，可存在于所有粒级的岩石中。大多数的成分变异属此种类型。

2 成脉作用，热液作用及反应带。

(a) 局部成脉 (析离成脉)裂隙或孔洞流体充填发育，当裂隙或孔洞张开时，被随之而来的局部主岩物质充填成脉。这种脉可以从溶液中沉淀或从局部熔融体中结晶而成。此种作用仅限于这些局部的填隙流体流动范围内。所形成的脉的宽度通常为几毫米或几厘米，尽管宽度可能达几十米。图7.16至7.19说明都是此种类型的脉。这种脉常常是压溶物质的沉淀场所（参阅下面)。

(b) 远距离成脉（沉淀脉） 大量的外部物质沿着岩石的通道进入或沉淀，如岩墙、脉或伟晶岩。此种脉的宽度通常从10厘米到10米不等。如果是复合成因的，它可以更宽(脉可以是由(a)和(b)两种作用混合形成的)。

(c) 交代带 外来流体通过岩石从而形成主岩的蚀变连续变化带。交代的强度和交代岩的厚度变化不定，这与岩

石的渗透性（裂隙或断裂）模式有关。

（d）反应带　由新的矿物成分构成，但其生成和在岩石中的位置，由接触带两边岩石原有成分的差异所决定。带的宽度在扩散作用范围内（最多几米）。

3　压溶作用与压熔作用　广义地说，这是在毫米到分米规模上发生的、由应力造成的、具变形调节性质的变质分异作用过程（有或无外来物质进入或运移）。作用结果造成同应力和应变方向有关的组分定向排列区域。这种作用被许多地质学家统称之为“压溶作用”，尽管溶解物质可能再次沉淀，而且在成岩压实作用或单矿物岩的变形期间，该过程所涉及的扩散通道比在单个矿物颗粒周围的通道要长。

（a）局部应力变异引起的分异作用这种应力变异在任何具有各向异性或非均匀的韧性岩石遭到压力作用时都会出现，导致形成局部化学组分的化学位梯度出现。分异作用是由物质的溶解、扩散和再沉淀造成，最终产生一个同应力变异相符合的结构。这也许是在较刚性物体附近出现的一个独立的压力影或局部小褶皱，或者是一组小褶皱在空间上的规划组合，或是表现为在原有的刚性与柔性条带之间的矿物分离作用的增长。溶解可以是一致的，也可以不一致。例如，图2.1显示石英的一致溶解和云母的不一致溶解——于微型褶皱翼部生成蓝晶石，与产出于微型褶皱枢纽带的反应呈相反。

（b）由化学反应引导的分异作用，只在空间位置上受到反应位置周围的应力变异影响。此种作用的范围在很低级的变质作用中最广泛。作用产生的同时还伴有涉及不一致溶解的成岩反应或变质反应发生。结果形成具有一定间隔的、高度定向的、网状成分的条带。条带的分布无需服从物质延



图 2.1 细褶皱化片岩中的变质分异现象

黑云母-石英片理从左向右延伸。稍大的浅色蓝晶石晶体沿细褶皱分布（图中顶部到底部）

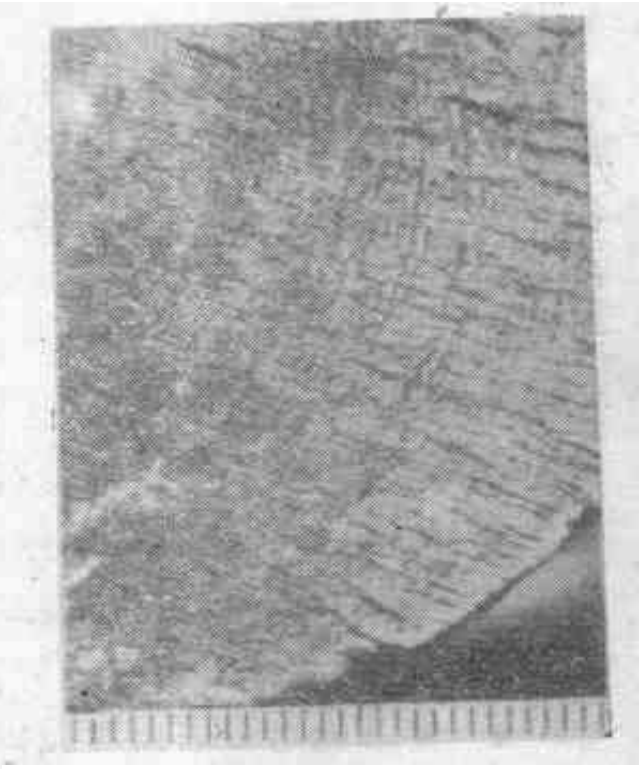


图 2.2 压溶条纹

在甚低变质级大理岩中，压溶条纹发展成为与层理褶皱轴平行的间隔劈理

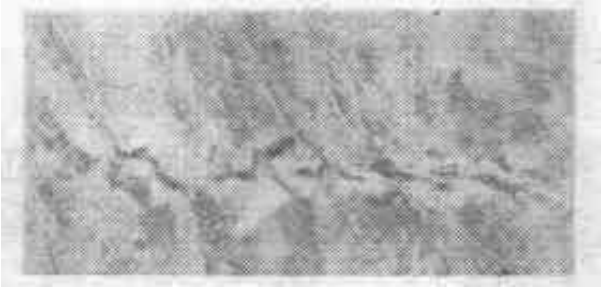


图 2.3 甚低级的变质大理岩中，出现于细小剪切带里的雁行状缝合线

张性的"裂隙封条"（Crack-seal）状细脉呈十字形出现，在剪切带中集中排列，形成垂直于缝合线的浅色条纹，视域25×50mm

性的任何模式。这种压溶条带可见于砂岩和大理岩中(图7.18和图2.2)。在较低的偏应力下，这种作用也可以形成缝合线

(图2.3)。

（c）溶解作用　压力或温度的变化，或者增大矿物的溶解度，或者由于矿物脱水而使溶液体积增大时，应力差能决定矿物发生溶解的优选溶解位置。随着溶液再次转动，更准确地说，在这种广泛发生的过程中，物质转移和沉淀的方式便近似于压溶作用而非扩散作用。从几何形态上看，此类型无法同（a）类或（b）类相区别。

（d）压融作用　这是岩石物质受局部应力变异的影响而选择性地转变为硅酸盐熔体。它可以是一致的熔融，也可以是不一致的，并可发生沉淀，从而造成分异；或者发生岩石熔融部分的运移而造成分异。

4　变形能增强前面所提到的分异作用，并使之几何形态更复杂化。变形能增强矿物颗粒的活动性、岩石的渗透性及其中物质的扩散能力。变形还能使岩石中的易发生反应的块体相互靠近，并扩大相互接触的面积。由逆冲断层或紧闭褶皱所造成的构造重复能使各种成因的成分非均一岩石出现物理性质的不均一性。

2.2.2　岩石组成非均一性的消失

化学过程趋向于使整个岩石转变为具有相同的矿物组合，而且使每种矿物具有相同的化学组成。但这种作用不会使不同岩石的矿物含量变得相等。因此，它使一定成份特征的地质证据消失的能力是有限的。一般地说，一旦岩石存在成份上非均一性，这种非均一性就将保存下来，即使是以一个被大大地改变了的形式保存下来。压碎作用可能使岩石物理构成上的非均一性消失。但是除了发生熔融以外，只有两种作用能改变或破坏岩石成分上的非均一性。

1　处于不同化学平衡的两个变质地体间反应带的发展，

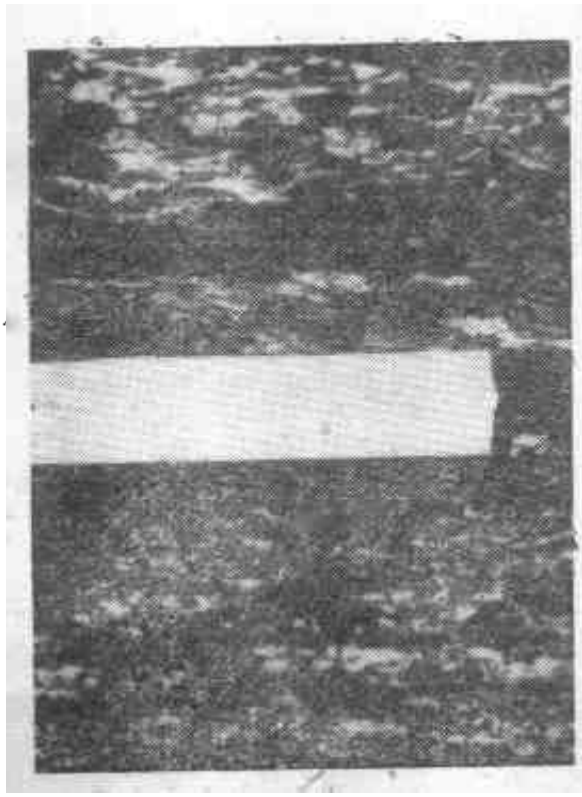


图 2.4 .变质颗粒大小对辉长结构保存的影响

图中参照R（只有6cm入图）以上，细小颗粒使浅色的压扁条带保存下来。参照R以下，粗粒重结晶作用已使浅色条纹分离成互不相连的粒状颗粒，从而破坏了火成结构

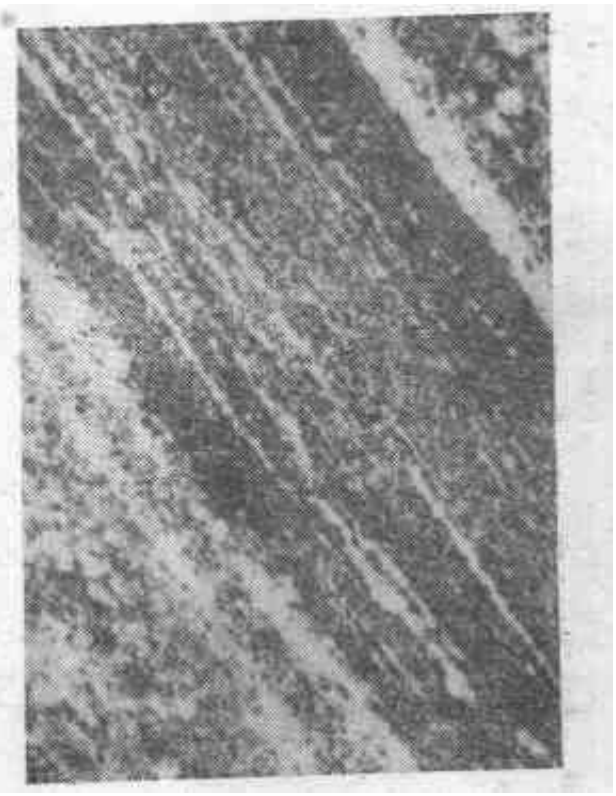


图 2.5 串状排列的颗粒

它种成分的浅色斑点发生应变以至无法分辨，进而消失在组成均匀的角闪岩中。细小的条纹仅能在微细粒级的带中保存。视域6×9cm

能使其一侧或两侧的变质地体边部，被具有另一种结构的新矿物组合大规模地交代。如果一个地体较小，它就可能被这种反应带全部置换，从而使其成分更接近于主岩成分。

2 矿物颗粒的增生．晶体的增长通常使细粒岩石的特征消失。于是，在较高级变质条件下，大颗粒的增长通常就要使在较低级变质条件下生成的细粒结构消失。新颗粒集合体在岩石中形成不同成分的斑点。若新颗粒增长到原集合体那样大时，这些斑点就无法辨认了。在这种情况中，比一般随着变质级增高而颗粒增大更重要的是应变作用。若一个斑点

状的矿物集合体随着变形而拉长变薄到其宽度小于组成该集合体的单个矿物粒度时，它就会变成一串互不相连的颗粒。如果应变进一步增强，这些颗粒间的距离将被拉开。应变足够强时，这些串状排列的颗粒彼此就远远地分开，结果是组成均匀的变形岩石无法区分（图2.4和图2.5）。

2.3 岩石的名称与类别

1.3节已介绍了“岩石”、“岩石单位”及“岩石类型”的区分。“岩石”是一个实体——一块滚石或一个露头，对它的描述必须包括构成它的物质及其大小和形状。少许岩石以地理特征命名，如常说的阿瑟石（Arthur's stone），而不具地质意义。

“岩石单位”是一组岩石。从地质描述和填图的角度来说，它们具有某种共同的特征。岩石单位由在野外空间上共生在一起的岩石组成。对它的描述应包括其中各岩石的规模、厚度、构造及其物质成分。建造、段和组都是岩石单位，对它们应按地质惯例进行划分和命名（参阅表2.2和3.2节）。

当地质工作者说到岩石时，通常是在描述岩石组成物质的概括性的产出形式。他可能提到岩石的表面形态作为岩石物质特性的表现形式，但又不象通常那样描述单个岩石外部形态的全部细节。这其实是在描述岩石类型而不是岩石。岩石类型的名称（例如“板岩”、“角闪岩”）仅说明了岩石最明显的或最重要的特征（第5章将更详细地讨论）。

岩石类型的描述必须考虑能适用于其中的单个岩石，但它的地质上的实用性在别的岩石中再次出现。这是因为一些特征（尽管一个变质地体可以具有大量的岩石特征）会出现

于某岩石类型的各种岩石中（例如由云母构成的片理），这就使得“岩石类型”的数目有限而易于掌握，作为地质学家，我们倾向于同意此看法。“岩石类型”的这种用法类似于沉积岩中“相”的用法。但是考虑到“变质相”一词被赋于另外的含义而大量地使用和错误地使用，在野外对变质岩进行描述时，最好避免用“相”这个词。因此，我们对那些反复出现的、从而被视为有意义的岩石特征使用“岩石类型”一词。

“岩石类型”、“岩石单位”以及由它们派生的、关于岩石和岩石组另外的类别划分的含义列于表2.2。要注意，(1)岩石类型，(2)组合，(3)建造和岩石单位的确定都是建立在野外可见的特征和组合以及野外如何观察这些特征和组合的基础上的，其名称要能直接反映重要的岩石特征。但对一个具体的变质岩石地体，其名称的全部含义只有在阅读完它的野外描述之后才会了解。

成分和变质级的类别（4和5）不可能直接观察到，它们是推理性的——根据某些肉眼可见特征（主要是矿物方面的）作出简单推论。这都是些习用的类别。详细说明了所使用的预定分类方案（如10.1节）后，就能对这些类别作出定名（例如中级变质、基性成分）而无需加以进一步的说明。

可以提出其它类型的岩石类型组（6）。对其定名可依据野外特征（例如“片岩”），变质级的一般推断或变质前的特征、或两者都给予考虑（例如“低级变质沉积岩）。

2.3.1 记录哪些岩石名称和类别

在每个记录点上，都应对岩石类型定名并记录于野外记录本上。若有岩石类型组合也应定名和记录。也可以将这些名称用简略形式标于野外用图上（例如石榴石角闪岩记为石榴

角闪岩；灰色斑点角岩记为灰斑角岩）。

每种岩石类型和岩石类型组合必须就地详细描述。对每一建造的描述必须是将在所有隶属于它的记录点上获得的证据综合后才能做出。在单个记录点上，不需要在野外记录中确定建造名称、变质级类别或成分类别。当打算确定时，就应当看是否已把做这个推论的所有有关证据都掌握了。只有在你认为已记下了所有进一步的证据时，才能确定它们。

在基础野外记录中，无需确定岩石类型组合。只有在稍后阶段整理野外收集到的证据以便作出变质地体的描述时，才有此必要。

2.3.2 火成岩石类型组合名称的应用

层状辉长岩、辉绿岩和混合岩都是岩石类型组合。在不同的变质和变形状态下，它们都能被辨认出。

变质辉长岩是一个有多种解释的术语，因为它能用于不同的岩石划分标准：

1 变质岩石类型对保留着辉长结构的变质岩石类型，“变质辉长岩”是一个正确的名称。

2 岩石类型组合对于说明变质的层状辉长岩组合，用“层状变质辉长岩”这一名称更可取，因为它既说明岩石已变质，又说明这岩石的规模包括了几个不同的岩石类型单层（即它是一个变质的岩石类型组合）。

3 岩石单位（例如建造）“变质辉长岩岩石单位”这个名称可用于变质前是“辉长岩”的岩石单位。把岩石类型的名称用到岩石单位这个级别上并不意味整个岩石单位只具有一个岩石类型。在此情况下，变质辉长岩岩石单位可包括如角闪岩剪切带和不具残余辉长结构的辉石岩层。部分地是为了避免在岩石类型名称和建造名称之间造成误解，在提到已定名建

造的记录和场合中，都应写上“建造”这个词（或其简写形式）。在野外记录岩石单位时，使用“单位”一词也能以不那么正式的方式达到相同的目的。

4 成分类别“辉长岩”或“变质辉长岩”不应该用作成分类别名称，因为这样会导致不必要的多义性（＝“基性”）。

蛇绿岩实际上是一个主要由变质（处于任何变形和变质状态下的）火成岩组成的岩石类型组合，它由下面这些岩石构成。

1 块状超镁铁岩：富蛇纹石或橄榄石。

2 层状暗色变质辉长岩，可划分出一些数十米厚的旋迴单位，一些层可能具有逆变现象。

3 块状或不规则斑块状的粗粒浅色变质辉长岩，常保留有火成成因的浅色斜辉石类。

4 斑块状或条纹状的、蚀变或变质的细粒基性岩团块。在变形不强烈的地区，能分辨出团块中的枕状构造残余和球粒（图2.6—2.8）。

5 还可出现规模相对小一些的：变质粗玄岩墙，变质燧石岩或含石榴石石英岩，钠长石或钠长石-石英“斜长花岗岩”，热液碳酸盐岩，铜矿化带，红色变质沉积岩等。

混合岩是多种岩石类型的混合物，其中至少有一种是火成岩。混合岩类型有若干种，其中一些由一种以上的火成岩石类型构成。在可能发生局部熔融的高级区域变质地区，可出现两种类型的混合岩。

1 许多呈分枝状分布于富黑云母片麻岩中的花岗岩，可能是部分熔融的产物，而片麻岩则是部分熔融的残余物。如果情况确是如此，则混合岩的富黑云母部分将出现石英和长



图 2.6　变形枕状构造

（参照R；10cm，图中部右侧）



图 2.7　枕状熔岩的球颗结构环边

从枕状体边缘（右）向枕状体主体（左），脱玻化球粒（球颗）粒度增大，数量增多，最后与主体混合在一起。当此现象保留在变质岩中时，往往不易鉴定为是火成岩特征

石的贫化，因为它们趋向于在花岗岩中富集。

2 一些酸性物质呈脉状产出于角闪岩体中，这可能代表熔融的围岩物质反侵入（back-intrude）到基性火成岩体中，或者是变形作用使围岩楔入火成岩体。也可能是两种情况同时发生。从另一方面说，以上两种现象都可能是由下面

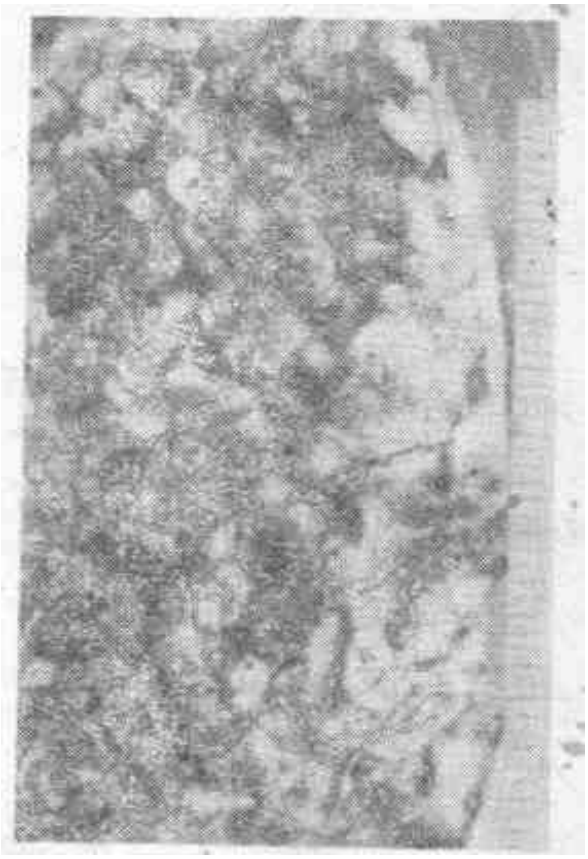


图 2.8 变质状态和变形依赖于变质前构造的实例
球粒（图2.7）已重结晶成为未变形的粒状集合体，被变形的细粒绿泥石质片岩所包裹

来的晚期花岗岩脉侵入变质岩所形成。所以，寻找野外证据极其重要。

对上述的每一种火成岩石类型组合都必须给予完整而详细的描述（如对其它岩石类型组合一样），但要特别注意其中岩石类型之间的构造关系。

表 2.2 岩石类型、类别、单位与组

1	岩石类型 例如：石榴石角闪岩；灰色斑点角岩。 在现在的变质后状态下，一定岩石的组成、结构和性质，既在几厘米的“手标本”上，也在任何较大规模上都表现出是均匀的。5.4，6.2，6.3节。定名：5.3节。
2	岩石类型组合 例如：变质复理石岩；混合岩；蛇绿岩。 在一起产出的几种岩石类型组合。这种组合可以包含特殊构造、岩石类型间的几何关系、任何层状岩石的特殊排列顺序或旋迴。其中的岩石类型可以任意比例组合。2.3.2节。
3	建造或其它的岩石单位 如：格里斯布鲁克石英岩建造；克勒嘎变质辉长岩建造。 可用以填图的岩石单位（建造）；有明显岩性特征的岩石部分(段)；一组相邻的建造（组）；或更一般地，在野外有某种一致性的任何岩石单位。3.2节，定名：3.2.6节。
4	成分类别 如：超镁铁质；半泥质。 能从变质后形成的岩石类型推断其变质前成分的一组岩石类型。5.5节，10.1节。
5	变质级类别 如：低变质级。 变质等级的粗略划分，如果能获得足够的证据，可以根据变质岩石类型来推断。5.5，10.1节。
6	岩石类型组 如：云母片岩；片麻岩；变质沉积岩；低级变质岩。 地质工作者认为适当的任何岩石类型的归并组合。

第3章　变质岩填图

3.1　野外用图和野外记录本的使用

3.1.1　野外用图

野外用图是一种工具，它能表示野外证据的状态，并帮助把对岩石的单个分散的记录综合起来，从而建立其立体概念。接触带、断层和标志层用线条在图上标出。不同建造的出露区域及其露头用不同颜色表示。所有关键性位置、柱状图表或穿越线的位置、详细研究区的位置以及特殊岩石产出的位置等都要标出。野外用图要附有野外横剖面图，以避免两者之间的不一致，而且有助于就地建立空间主体概念。

在变质岩区填图时，人们习惯用文字形式在图上作地质现象的记录。如果能记得符合实际，未尝不是好办法。这样做时应尽可能地采用统一的简短缩写。然而也应考虑使用符号来表示所见到的某些特点，例如；特殊矿物。文字或符号可紧靠露头位置标出，以表明此特征在这里见到。用注解说明特定的岩石类型、特征或产状，而不是它们所在的建造。

3.1.2　构造资料

如果不会在图面上造成符号拥挤而产生混乱，则对诸如岩层、脉、断层和接触带、岩石组构以及抽象物如褶皱轴面等都应在记录的同时标绘于图上。在复杂的露头上，可将这些标绘在野外记录本的草图上或素描图上。对面状要素（如层面、片理面）以及抽象物（如轴面）的记录可用其走向和

倾向、倾角来表示。对线状要素（如褶皱枢纽）的方向和面状要素交线（如层理/劈理的交线）方向的记录可以用其方位角和倾伏角，或面状要素的侧伏角来表示。对每一种符号都必须标上读数（见Barnes著作的第五章，1981）。

只有层理和条带、组构面、节理和较小褶皱有惯用的符号。所有其它的测量结果用符号表示时，都必须给予清楚的注解。符号在野外就应标于图上。这样当地质体延伸方向出现间断时，能够就地核查（看是由于地质上的原因所致呢，还是由于记录错误所致）。同样，较小褶皱的方向应就地即时标出，以便从野外用图和剖面图上显示出来的岩层走向变化确认大褶皱的闭合端。这里可能就是确定层理与组构之间关系的关键地方。

附于野外用图上的横剖面图应表示出所有的接触带，岩层与组构的代表性迹线，直立褶皱轴面的迹线以及较小褶皱的类型和方向。

3.1.3 记录本

每个位置都应记录其岩石类型。在适当的地方，也应记录岩石类型组合。在记录中只叙述岩石所属的建造，或变质级，或其成分类别都是错误的。野外记录必须首先叙述那些据以作出归纳性结论的证据和现象，而不是首先记下推论的内容（2.3节）。

只要有可能，对岩石特征的描述应以野外素描图的形式或对素描图作文字注解的形式进行。素描能记下人们不想用文字表达（即使知道如何表达）的许多现象。

关于方向的数据应记在野外记录本上，同时也应标示在野外用图上。如果以后发现图上与记录本上的记录有矛盾，就不要使用这个数据（这类意外常会出现）。

应在野外记录本上尝试着推断火成的、沉积的或构造的模式（如试作区域性的横剖面），以便与附在野外用图上的剖面图和以后在野外见到的现象作直接对比。根据当时的观察提出假设，通过回顾以前的记录或通过进一步工作后可能又否定了它，这是个好方法。

应在野外记录本上对建造作暂时性的描述，以便日后在野外临时需要这方面的参考时有用。对此种描述，勿忘根据新证据作一些小的修改。

3.1.4 照片

地质照片应附有通用的标准比例尺（1m，1cm 等）。野外拍摄的所有现象也应同时给予素描——作为一个记录以提醒摄影者，该照片应表示的是什么。跟其它素描图一样，岩石面状要素的产状（走向、倾角）和照片上线状要素的方向（倾伏角）也应记录。对较大的地质视域，还应记录摄影时的方向。所有照片的取景点都应标明在野外用图上。必须记住，意欲显示一个特定的现象或关系，采用画图方式，通常比用照像方式更好。因此，照片应是图的补充，而不是相反。

3.2 建造与标志层的确定和填图

3.2.1 建造

填制高质量的地质图和野外剖面图对变质地体的描述是很重要的。这项工作基本上包括：将变质地体划分成具有已详细说明的鉴定特征的“建造”（填图单位）以及在地质图与剖面图上显示其空间分布型式。

在变质岩中确定和区分建造比在沉积岩或火成岩中要复杂。基本上是一维座标的“地层学的”或称为“时间座标”

的方法，在研究沉积岩或火成岩中使用得很顺利。这种方法是研究岩石在连续的地史期中形成的（局部可能有变化的）特征。而变质岩的整个历史一般较复杂，它包括变质前的历史，加上一次或多次变质历史，也许还有变形历史。其中不仅伴随着变形作用和变质作用的重迭，而且随时间和地点的不同；作用强度和类型也发生变化。在作用强度和类型的基础上，按上述各个历史阶段划分岩石也许是可能的。

当使用一种以上的标准来代表或划分建造时，需要确定一个明确的划分级别。比如说，在组这一级别上，区别开变质沉积岩组和变质火成岩组。在建造这个级别上，变质沉积岩可按变质级来划分建造；而变质火成岩则可按已确定了意义的“块状”、“层状”和“层状夹脉状”的区别来划分建造。当用建造作填图单位时，就意味着是综合考虑若干特征来确定每个建造的，而且，对同一建造用不同的标准可能划出不同建造的边界来。每当追索建造边界时，应仔细核对这方面的问题。

一般说来，应该避免在不同的组内（译者注：如变质沉积岩、变质火成岩）对不同的划分级别（译者注：如建造、组、岩石类型组合等）使用同一划分标准。需要时，完全允许在一个建造上建立一个组。

划分建造的标准可能有以下几种：

1 变质前的岩石类型，包括火成的与沉积的构造；

2 变质等级，按特征变质矿物的出现/缺失，或者按整个矿物共生组合的变化；

3 按有无变形或变形强度，或变形组构，或不同的构造类型；

4 变质矿物的粒度（一般粒度或是否存在特定矿物的

变斑晶）；

5 颜色；

6 风化或破裂的类型；

7 均匀程度/不均匀程度（层状的、块状的、斑块状的）；

8 有无脉、伟晶岩、岩墙、透镜体、副矿物等出现。

除可按几种不同的标准划分建造外，使用于其它岩类的一般的建造填图方法，同样可用于变质岩类，但必须说明确定和划分建造的标准，并且始终按此标准行事。填图结束后，建造内岩性变化趋势和范围的资料可用于对该建造的描述。根据填图过程中对建造的实际了解，可能需要对划分建造的标准稍作修改，但重要的是，不应觉得岩石又象什么就放弃已确定的标准。若经过对区内一小部分的填图后，发现你确定建造的标准不能成立，则最好按新的标准对该区重新填图（野外记录无需重复）。另外，若某分区的填图是按同其它分区不同的划分建造的标准进行的，那么，工作后期就必须照此描述建造和编写最后报告。

3.2.2 标志层

岩石按适当比例表示在地质图上的空间分布型式，是沿着“标志层”的分布绘出来的。标志层可以是特殊的岩层。这样的标志层要有一定的厚度，其边界能在图上准确地表示出。而且，必须按惯例用双线标出。岩石类型的突变处也可以做标志，分隔两种岩石的面在图上就是标志线。为了实用，可以将任何独特的，然而其厚度不足以在图上表示出的岩性渐变带，或厚度很小的标志层作为标志线画在图上。甚至对于厚度大的岩性渐变带，也可以指定其中之一点的走向延伸线作为标志。在野外应追索标志层（或线），并随时画于图

上。

标志层与建造之间有着直接关系。追索两建造之间的接触带即是将接触带作为标志。可以选择明显的标志层作建造的边界，除非这样做会划出小得不适当的建造来。任何大的岩石出露区可以沿适合的标志层进一步划分为较小的建造，即使标志层两边的岩石类型无明显的差异。如果两建造间存在渐变关系，那么，最好将它们的相互接触线确定在标志层中。

3.2.3 层状岩石层序

标志层的概念来自原始的层状岩石，但又不局限于此。如果工作区内存在层状岩石，就可能需要将其划分为建造并确定标志层。做这项工作时，应该充分意识到逆冲重复、褶皱倒转等构造可能使层序变得很复杂。两个相似的岩层结果可能是同一原始岩层的两部分。对任何不常见但又重复出现的岩石类型应及早注意。如果层状岩序只出现在两个相距很远的出露区，就可能需要确定它们是否为同一建造了。同一型式的若干标志层很可能原来是同一层，应该有意识地注意这种可能性。同时也应该注意可能相反的证据。例如，不相同的标志层或变质级差异很大等。一般地说，早点着手研究层状岩石层序是好办法，因为这样能了解层状岩石层序的特征和工作中的困难，这对以后研究信息不丰富的岩石出露区有帮助。然而，在变形作用下，层状岩石层序物理性质上的各向异性将使其容易产生复杂构造，尤其是产生褶皱和叠瓦现象。而这些在均匀的块状建造中是不会出现的。另外，首先对变形程度较低或构造不太复杂的建造进行填图是好办法。对于在古老变质和变形基底上不整合地覆盖有新变质的沉积岩层或火山岩层、或两者皆有的地区，两项工作（对层

状岩石填图和对构造简单的岩石填图）是一致的。

3.2.4 分散的岩块、岩墙、脉、伟晶岩等

研究与建造主体成分不同的分散状岩块或岩席的方式，随着它们的大小、丰富程度及成分稳定性而定。例如，一组在方向、形态、大小和成分上都相似的脉，可以认为它们有成因关系。如果脉数众多，则应将其看作是所在的建造或段的基本组成部分。（因此，脉不发育的相似主岩出露区就属于另外的建造或段。）如果脉少且分散，则它们作为变质地体一部分，应按照大小在图上准确地作出记录或用符号标出。如果脉足够大的话，则可将它划为一个建造，尤其是当它横切主岩的几个建造时。然而描述时，脉的不同部分应当分别处理。因为围岩蚀变、反应以及脉中矿物的局部变化都是随特定的主岩而变的，而这是重要的描述内容。上述原则同样适用于伟晶岩、岩墙及变形建造中分散的未变形透镜体。

3.2.5 描述采用的单位

最适于描述的岩石单位，在大小上可能与用作填图单位的建造不一致。它可以大于也可以小于建造，但它与建造的关系必须说明。建造的大小受地质图的比例尺的限制，而描述用的岩石单位的大小则受野外工作时限或报告长短的限制。应有意识地据此确定描述单位的大小。在野外不好确定这一点的原因之一是不清楚何种现象要归纳，何种现象不需要归纳。在野外工作中最好的处理方法是从每个岩石单位中选择一个或多个典型露头，对其详细地观察和记录(其成分、结构、代表性剖面、完整的典型柱状图表、典型露头平面图等)，然后注意这些特征在整个岩石单位中的变化。描述用岩石单位的数量可以受工作时间的限制。如果几个描述单位

的典型露头都具有某些相同的特征（如矿物组成），则最后报告在描述这些岩石的这方面特征时，可将这几个单位合并叙述。是否作任何另外的归纳，将视报告长短而定，而不是由地质情况来决定。

3.2.6 建造的命名

应该按标准的程序对变质岩建造命名。建造的名称由三部分组成：名字、岩石类型、建造（如格里斯布鲁克石英岩建造）。

名字应当是建造典型出露地区的专有地理名字，如某居民区、山脉或河流。名字必须有特色，要避免用通常地理上所用名字，例如（1）城镇和村庄的宗教名字，（2）具非专有名字意义的词（如浅滩、桥），（3）通常为比喻性的名字（如叫作“圆锥形硬糖块”、“甜面包”等的山脉），包括来源于土语或古语的名字（如叫作“亚芬”、“斯图拉”、“里奥”等的河流）。还要避免用已经用在岩性地层单位的任何名字。

岩石类型术语通常应表明该建造内最普通的岩石类型。这并不意味着整个建造只有一种岩石类型。名称应适当的具体。例如，对一个石英岩质变质砂岩与变质长石砂岩，大理岩，云母片岩，钙-硅酸盐岩互层的建造，用“石英岩”这一岩石类型名称来表示，比用普遍适用的岩石类型组名称“变质沉积岩”要好。

在其它情况下，此术语并不表示单个岩石类型，而是表示岩石类型组合（例如变质复理石岩，层状变质辉长岩）。（见表2.2）。

要避免使用含义狭隘的岩石类型名称（如板片岩），或具有大地构造含义或成因特征含义的词（如上地壳的），或

者其词义尚未统一的岩石类型名称（如变闪长岩）。

岩石类型术语加上“建造”一词，使人明白所指的是岩石单位，而非岩石类型。

在一个前人已填过图的地区作描述时，不要使用前人用过的建造名称，除非你接受前人对建造的划分和填的图。本书致力于对变质地体做一新的描述。这工作一旦完成，可能需要和前人的工作做对比，也可能需要公众承认据以重新确定岩石单位的原则。但那是一个与做一份良好的描述不同的（和以后的）问题，这份描述能证明做这种对比是有理由的。

3.3 变质岩的接触关系和边界

3.3.1 具体接触关系的性质

变质岩的接触关系常是多解的，而且研究起来很困难。它可以是变质前所形成的（沉积的、侵入的或断层的），也可以是变质期间形成的——表现为一种不连续或连续的变化（变质等级、交代作用、小侵入体数量、有限应变、变形组构的强度、构造类型或成分的变异性）。这些接触关系不仅有许多不同类型、而且常常是几种类型同时存在。例如：原始成分的差异可使某岩石单位内产生新的变质矿物并使岩石遭受强烈应变，而相邻的岩石单位却不出现这种应变。在变形的岩石中，任何类型的接触关系以后都可能发生几何形态的改变，这样就破坏或掩盖了以前的角度不整合或其它空间几何关系。

然而，同在其它岩石中一样，从某种意义上讲，变质岩的每一种接触关系都是标志线和显示岩石单位间某些关系的关键点的结合物。正因为变质岩石的复杂性，所以注意研究

它们的接触关系极其重要。同样，对一个变质地体与一个非变质地体之间边界的解释，只有在对该变质地体内部各接触关系的性质有了充分了解之后才能作出。

研究接触关系的标准工作方法是沿接触带追索，在其两侧一定距离内注意寻找以下地质现象：

1 已变成接触界限的角度不整合；

2 随着向接触带靠近，岩石的应变程度或交代蚀变或退变质作用等的变化情况；

3 与岩石局部接触带方向一致的断层，其主要位移或断层接触线可能出现于岩石接触带中；

4 被简单的断层或已变为韧性剪切带的接触带（也许在其它方面已证实其最初为接触带）水平错断的任何地质特征。

3.3.2 主要边界的区域含义

在野外，岩石之间接触关系的性质，在局部上可能是明确的，但从区域范围上看，其性质可能是不明确的。在这方面，尽管许多基本地质特征的差异更可能是通过渐变显现的，仍有人错误地认为岩石中出现突变特征差异时才是岩石单位间的接触线，因为这样似乎更简单。由于此原因，人们有一种明显的、普遍的偏见，否认在中级变质岩石与几乎未变质的岩石之间，或中级变质岩石与各种片麻岩之间存在着渐变过渡关系。最好注意克服这样的偏见。

图3.1表明了一些可能的接触关系，接触边界的区域含义很容易弄错。这些例子表明人们多么容易过份看重断裂的作用而冲淡了对变质作用渐变现象的注意。

因为与未变质岩石相接触的变质地体的边界代表着某种区域性特征，所以应在区域规模上很好地考虑这些边界的性

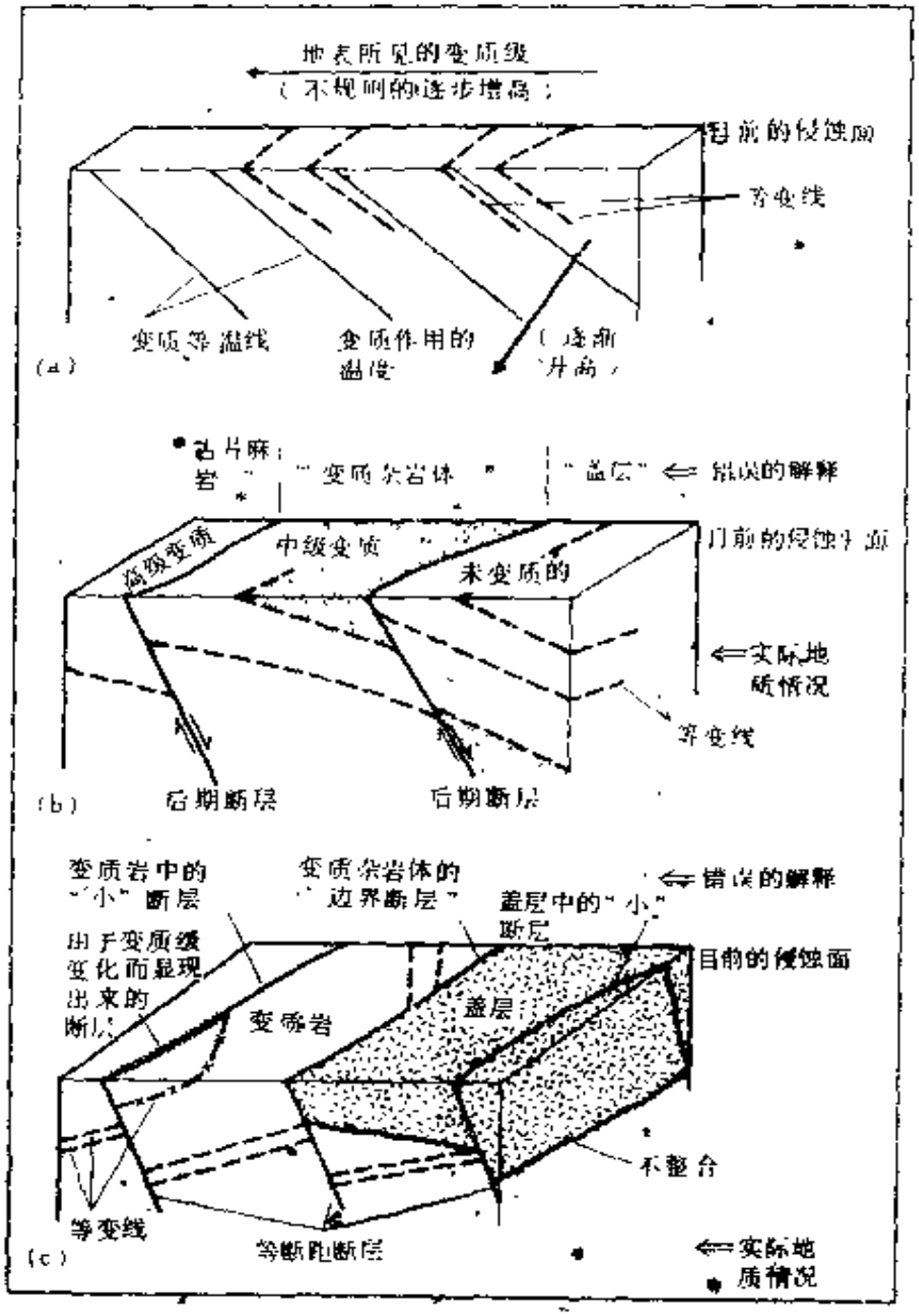


图 3.1 变质边界的断裂作用

(a) 尽管变质环境是渐变的，但变质级能显示出跳跃性的升高变化。(b) 后期断层的影响造成对时间关系的错误解释。(c) 侵蚀平面影响了对断层意义的解释

质。岩石接触关系局部显示出来的性质的确代表了区域上的性质吗？

第 4 章　带状岩石

本章讨论“带状岩石”。此类岩石是由不同成分的、席状或薄饼状岩石叠加而成，在露头面上显示出带状外貌。如果遇到这种岩石，应致力说明其带状的型式特征。对不同成分条带的岩石类型，以后可根据其矿物成分和结构特征进行描述。不同成分条带的产状是多种多样的。表4.1提示了从变质地体描述的目的出发，如何一开始就区分开不同类型的条带。也可参阅图4.1。

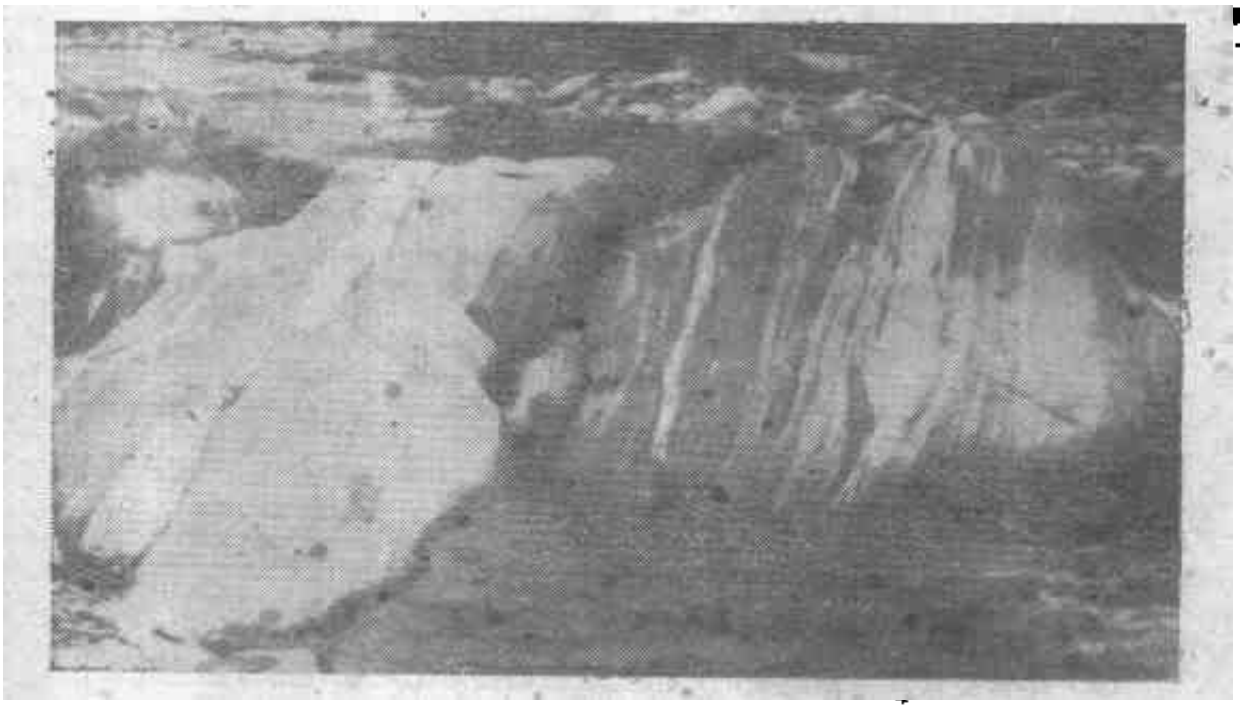
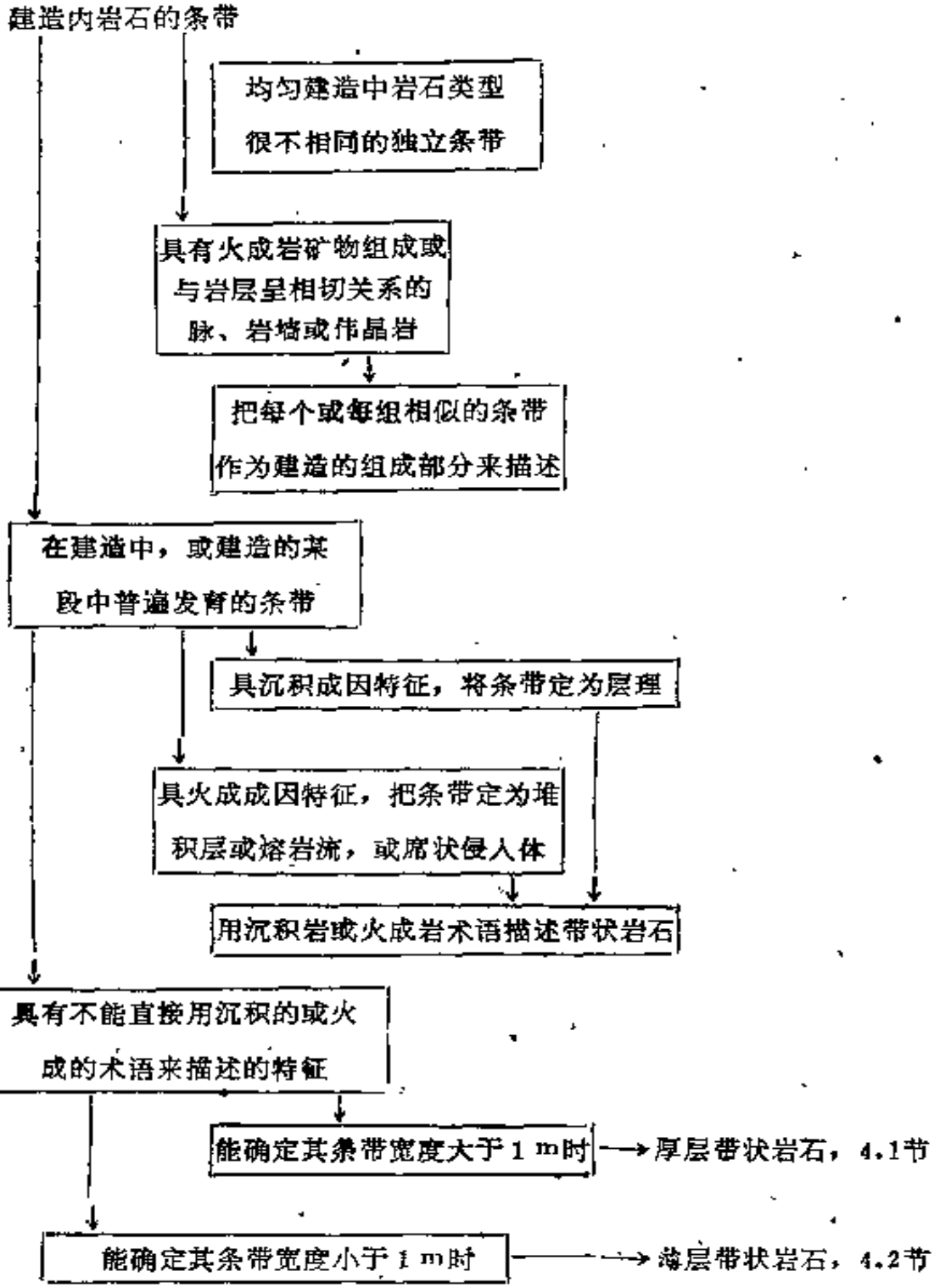


图 4.1　带状变质岩

浅色带（左）和不规则的较深色带（最左边和中偏右）显示总的带状构造。浅色带可进一步分为三部分，每一部分均有其细的条带类型，视域宽 4 m

表 4.1　区分带状岩石的步骤



4.1 厚层带状岩石

4.1.1 厚层带状岩石的性质

本节讨论建造中条带厚度普遍等于或大于1m，且无法完全用沉积或火成作用来表示的带状岩石。大部分这种规模的条带都是变质前形成的，从而可提供关于变质以前的地质资料。可能的例外是变质期间侵入的脉或火成岩墙和岩床。更小规模的、不同成分的条带其厚度从1m到单个矿物颗粒大小（4.2节），可以叠加在厚层带状岩石上。

虽然三维空间形态呈似席状的岩带可能原来就是以层或平行侵入的岩席或火成层的形式存在于原始成层序列中，但是这种序列的蚀变特性通常只有在变质的同时伴有相当强的变形作用才会真正地形成。如果确实如此，那就可能有些条带最初是以横交原始层的侵入体形式存在，只是在强应力作用下，其角度不整合状态发生变化以至无法辨认了。另外一些条带可能最初是等轴块状捕虏体或滑塌岩块，在强应力作用下，发生明显的侧向延展，从而形成如今的薄饼状形态。无论以何种形式出现，厚层规模的成分条带仍表示着它是变质前就存在的或侵入的，而不是变质形成的。野外记录的重点是：（1）带状岩石的存在状态；（2）整体岩石序列中或其组分中显示的有关成因性质的证据；（3）变质作用或变形作用或二者共存的证据。

4.1.2 关于带状岩石的问题

岩石的成带性能辨认吗？它明显地具有颜色或矿物组分大不相同的条带吗？其它地方有由矿物含量的细微变化而显现出来的更细微的成带现象吗？是否存在只有根据不同抗风化能力或风化颜色来分辨带状岩石？经过仔细观察后，是否

能根据各地岩石中的副矿物含量或矿物粒度、或颗粒聚合程度等的变化发现具有更稳定特征的平行的条带？

岩石的这种成带性质是由什么特征构成和表现的？其条带之间在（1）矿物成分有不同吗？或（2）矿物含量有不同吗？或（3）矿物形态上不同吗？（4）矿物粒度上不同吗？或（5）颗粒聚合程度上不同吗？

岩石中有特征相同而互不相连的条带，或在整个岩层序列中，岩石特征是否始终呈稳定的变化？是否某些它种成分的条带具有突变边界而其它的则具有渐变边界带？

在横越此层序的方向上是否存在（1）不同成分的条带分别占优势的现象，或（2）不同类型条带相对厚度的变化，或（3）条带绝对厚度的变化？

某些条带有“尖灭和膨胀”的石香肠形态（图4.2）吗？如果有，这种现象是为具有某特定成分的条带所共有，还是仅当相邻条带为某种特定成分类型时才出现？

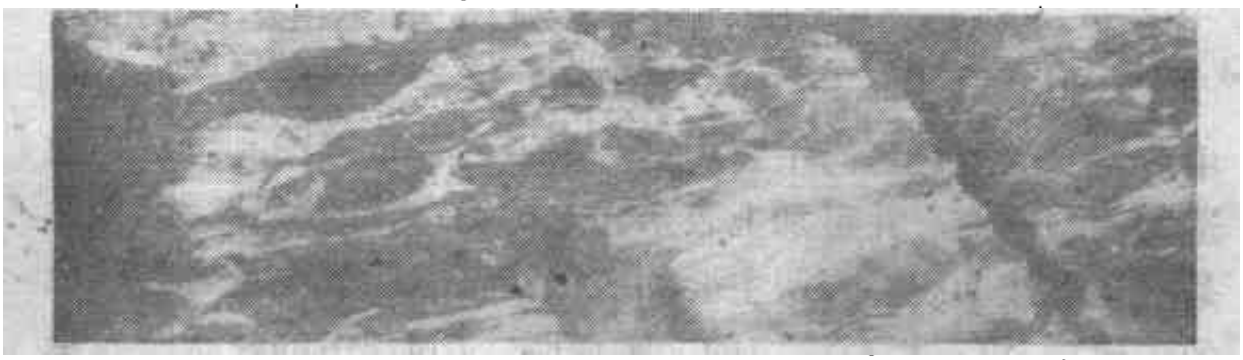


图 4.2 某些变形带状岩石中，暗色层的尖灭和膨胀现象
（参照R在图顶部左侧）

4.1.3 柱状图表

对于展示带状变质岩的野外资料，柱状图表是一便利的方法。此种图表与沉积层序研究中的柱状图相似，但对于应如何展示野外资料并无常规的规则。柱状图表应包括图4.3

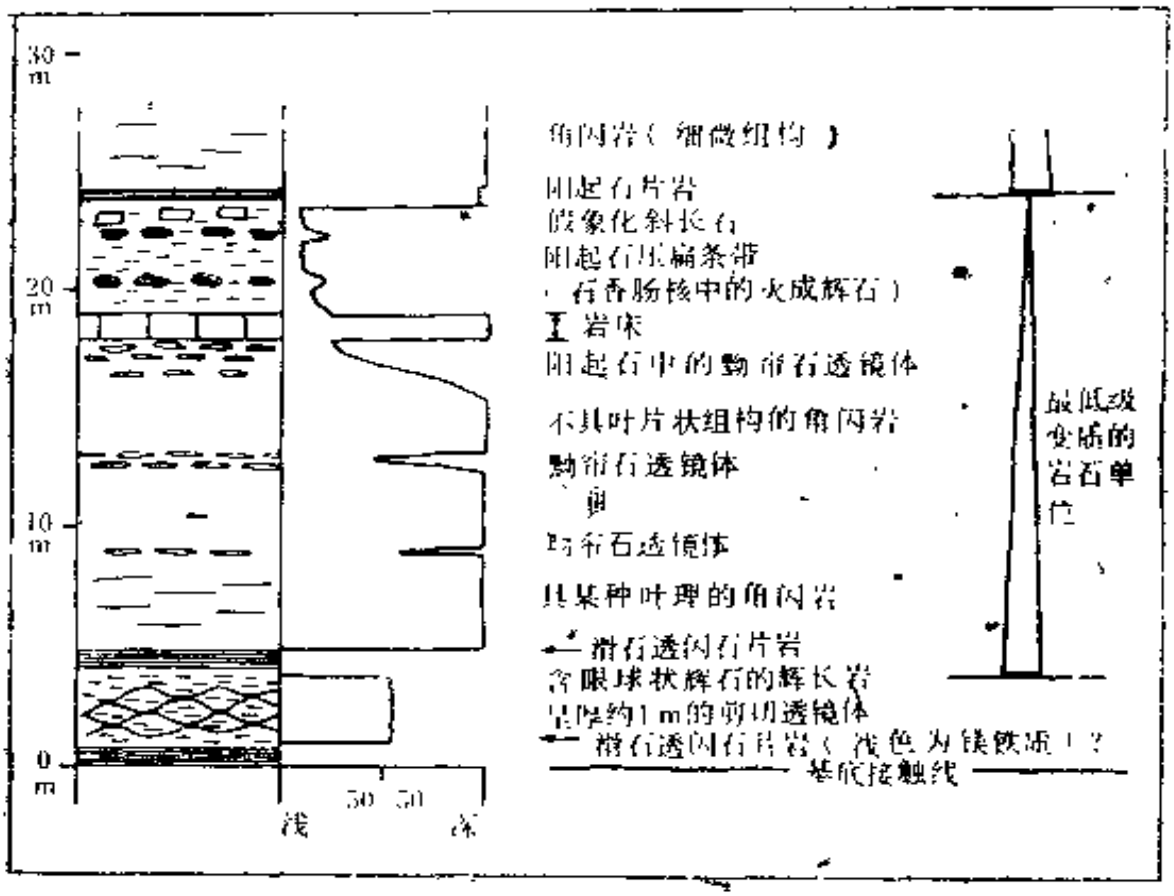


图 4.3　变质带状辉长岩部分层序的柱状图表，这是一种野外记录方式

中所用的三个栏目的主要内容。第一栏是示意图，包括小构造的简略素描，并可加上表示特定矿物产状的符号。第二栏是一条连续曲线，表明主要的变化特征（此例中是岩石颜色的深浅）。第三栏是简短的文字说明。图4.3中的柱状图表是用以阐明变质级别的，故加上第四栏以说明变质等级相同的岩石单位。

证明图表用途的四个例子。

1　把相邻地区的副变质片岩的资料做成柱状图表以建立它们共同的岩性地层层序，并确定它们之间的联系。

2　把由变质辉长岩形成的片岩作成柱状图表来观察其

成分在数十米规模上的旋迴性变化和递变性，从而把层序中的原始旋迴与构造重复区别开。

3 将原岩为一组近乎平行排列的席状侵入体的变形绿片岩层序作成柱状图表，以确定从岩席序列的此端到彼端是否存在一致性——这可以是一组陡倾的“席状岩墙群”的证据；或者是否存在着稳定的不一致性——这可作为一组近于水平的岩床或熔岩流的由老到新方向的指示物。

4 将主要由席状角闪岩和席状花岗岩互层组成的片麻岩作成柱状图表，以用图解法展示这些花岗岩席是如何从数量和体积上逐渐增多增大，从而向花岗片麻岩区过渡的，并调查伴随这种过渡，发生在其它岩石类型和地质构造中的变化。

虽然柱状图表中是用简明、扼要的符号和简写式来展示野外资料，但对于显示那些呈连续变化的岩石特征，它的第二栏是最有效的，即通过曲线的变化来显示。沉积碎屑岩的这类特征主要是碎屑的粒度。而某些变质岩的这类特征则是矿物颗粒——无论是变质前的矿物颗粒（碎屑矿物或火成矿物），还是变质矿物颗粒——的粒度。上面引用的几个例子中岩石的这类特征有（1）碳酸盐矿物的含量，(2)颜色(颜色的深度)，（3）变质矿物的粒度(4) 是否有花岗质岩石。除最后一个例子（简单地回答是/否）外，在其它三例中，都要在野外采集能代表所考虑变量变化程度的岩石标本以用于对比。特别重要的是要尽量使如颜色这样的特征具有客观的衡量标准。

把变质岩的柱状图表所表示的岩石性质与沉积岩的柱状图所表示的岩石性质区别开是重要的。沉积岩中，层理的近于水平的沉积状态，保证了岩石单位明显的沿层连续性。在

变质岩中，这样的连续性是无法想象的，而连续出现的低角度交切关系则可能常见。岩石单位横向上延续的范围通过填图直接确定，或通过参照原岩的火成成因或沉积成因来间接确定。即使这样，通常还必须确定由变形引起的岩石厚度在横向上的变化程度。

4.1.4 层位向上的方向，岩层重复和旋迴性

无论是用柱状图表还是其它方法，都应既要从条带的整体规模上又要从许多细条带上寻找岩层的重复、旋迴性、递变现象，以及任何普遍的不匀称现象。一些条带的矿物粒度可能显示粒序特征，而另一些条带的矿物颗粒则可能由层中心向两边均等地变细（或变粗）。某些条带可能在矿物含量方面显示递变性（图4.4）或在劈理或片理折射方面显示递变性（6.4节，图6.4和6.15）。某些条带可能只有一条边变形成为尖顶形态。如果有任何这类不匀称现象存在，则说明该层状序列可能其原始状态就是成层序列。而且，这种不匀称性也许间接代表着“层位向上的方向”（即原始近水平的岩层中向下或向上两个方向上的不对称变化性）。此种不对称性不可能出现于由等轴状岩石经强烈变形所形成的层状岩石序列中，或产状很陡的岩层中，也不可能是地壳深部的化



图 4.4　副变质片岩中矿物含量的逆变现象

视域：5.5×8cm

学运移作用的结果。

关于不匀称性的问题　这里存在什么不匀称现象吗？不匀称性仅仅是某种成分的地层特征吗？存在着倒转的不匀称现象，可能是早期等斜褶皱的指示物吗？对这种可能证实存在褶皱的倒转的不匀称现象，能得到更直接的证据进一步证实吗？象层内褶皱，矿物组构与条带间细微不整合关系的倒转辨别或由条带的不匀称现象的倒转反映出的可能的褶皱的枢纽带。

关于岩层重复的问题　在整个地层内存在着由几个条带构成的部分序列的重复现象吗？这种重复有多强的规律性？这种重复是否并不完全相同（从而暗示着它是沉积过程或岩浆结晶沉淀过程中出现的振动或旋迴作用的结果）？在该地层中，旋迴的性质是渐变的吗？是否有属于局部层序的特征几乎一点不差地重复出现？或是否有与整个地层的变化趋势相反的突然变化出现？这些暗示着该地层中存在着构造作用所造成的岩层重复。如果属实，那么产出在岩层重复处的岩石是显示了等斜褶皱的迹象呢？还是显示了单纯逆冲断层迹象？

4.2　薄层状和条带状岩石

4.2.1 薄层带状岩石与厚层带状岩石的区别

本节讨论由宽度界于1 m到单个矿物颗粒之间的成分单层构成的层状岩石，或由不连续的条纹或条带构成的带状岩石。虽然对前一节的研究对象所提出的许多问题也适用于这些更小规模的带状岩石，但是对这些问题的回答却可能有很不相同的含义。这种规模的带状岩石之间在以下方面不同：(1) 它们可能的成因不同，(2) 对它们进行观察和记录的

方法不同，（3）对变质地体描述的作者和读者的用处不同。选择1 m作为划分界限是任意的，并且可以改变。例如，如果0.2m或2m明显地适于所研究岩石性质的定性变化，则可用它做界限（图4.1）。

从化学成分来讲，厚度大于1 m的条带——即使在变质期间发生了一些变化——可能是变质前就明显地存在，或者是变质期间侵位的侵入体。变质期间，在大到也许是1 m的规模上，当然也在更小的规模上，化学扩散作用常在强烈地进行，以至造成大规模的化学变化，它们相邻的带（层）均未达到化学平衡。在变质作用的每个阶段，扩散作用会使岩石的化学成分发生变化，从而使相邻条带的矿物组合趋于接近。相邻两个条带在变质过程的某阶段达到化学成分的相互平衡后，又可能由于后来的条件变化而变化，从而导致进一步的扩散运移。这种过程在任何阶段都不会使相邻条带的矿物比例变得相等，但是会以复杂的方式改变这种比例从而使二者的矿物组合趋于相同。某些成分条带将因扩散的物质进入而增大，其它的则变小。在接触带，新的条带将作为反应带出现，其它的条带则因此而消耗，或使其特征完全消失。还有一些由应力引起的化学分结作用〔2.2.1节（3）〕，可能造成显著的扩散作用，因而改变这种规模的条带状岩石的特征。

虽然正是由于这种较小规模的条带可能具有化学的成因，因而首先要求对其作出不同的成因解释，但也确实还有其它的复杂原因能造成这种规模的条带。岩石中变质前就存在的、大量的和多种多样的斑块，从此规模上看，是很多的（薄层和交错纹层、流状条带、痕迹化石和实体化石、火成层理、变形的和条纹状的杏仁体、晶洞、碎屑或斑晶）。此

外，较大的原生特征如沉积层中或火成分层中米一级规模的递变现象，也可能因构造应变使厚度变小到如今这种较小的规模。

4.1节已暗示过，观察记录厚层带状岩石的一个主要任务是把眼光放在众多的条带上，从总体上认识该层序的成层型式。厚层带状岩石的条带多半是清楚的，但必须把它们加以整理（例如用柱状图表），以揭示由众多条带所组成的、更大的成层型式。对于薄层规模的带状岩石，这种总体上的成层型式多半是清楚的，记录时需要花精力去详细说明不同的组成条带以及它们间的相互关系。

了解了厚层带状岩石的成层型式并对条带作出了有根据的成因假定——变质前成因或侵入成因——以后，通常就可以对条带建造的性质作出简单推论了。在对变质地体的最后描述中，可以利用这些资料。薄层带状岩石的复杂情况通常需要由专业人员来作工作并做出假定性的解释后，才能作任何进一步的推论。因此，对于非专业人员来说，描述的任务就简单了——对精心选择的、有代表性的薄层带状岩石做准确和详细的叙述记录。

4.2.2 薄层带状岩石的性质

为作描述而选择的例子应包括能说明建造中薄层带状岩石一般性质和其正常变化的端员情况的露头，以及具有明显的特殊现象的露头。只有当确定了这种带状岩石的一般性质之后，才能着手选择这种典型的露头。

关于薄层带状岩石的问题　岩石中存在连续的薄层规模的成分条带吗？或者不连续的透镜状条带和条纹吗？或者两种皆有吗？

从整个层序上看，这些薄层或条带等是局限在某种成分

类型的厚层状条带中，还是除某特定典型的厚层状条带外，到处都能见到？

单个的条带或透镜体是有明显的边界或渐变的边界带，还是几乎无法分辨其边界，表示该层普遍存在渐变的成分不均一性？

条带在侧向上变薄，最后分解为小型的石香肠或透镜体吗？它们会变薄到以致成为单个矿物颗粒那么宽的不连续细线（如图2.4和2.5所示）吗？

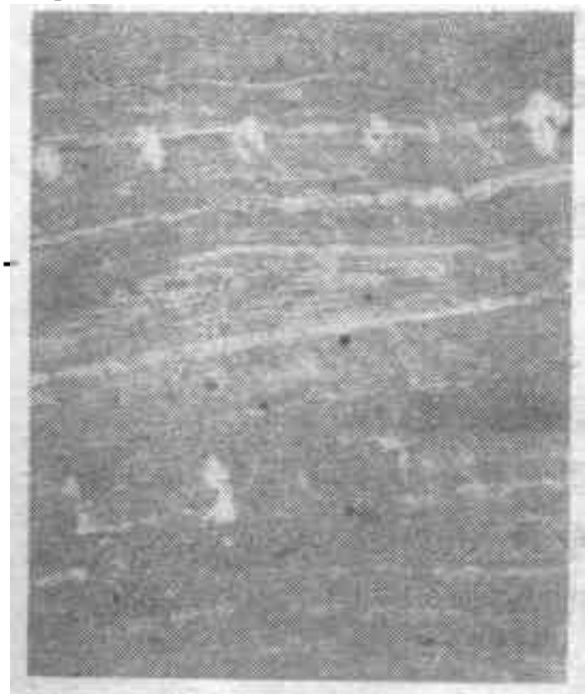


图 4.5 绿片岩中的交错脉，使那些与清晰条带规模不同的条带变得明显了
视域：25×33cm

条带厚度与其成分之间有着明显的相关关系吗？有交错脉穿截一些条带，而不穿截另一些条带的现象（图4.5）吗？矿物组合相同的岩石在多大程度上是由于矿物之间比例的不同而显出分层的？岩石在多大程度上是由于矿物组合的变化而显出分层的？不同类型条带的一般比例是多少？这种比例的变化是出现于局部，还是出现于整个建造中？在薄层带状岩石与厚层带状岩石共存的岩石中，前者随后者的成层型式而发生变化吗？

4.2.3 典型露头的网格素描图

利用大比例尺的地质图或平面素描图能够很好地描述出典型露头的特征。这种图的作法是先用绳或线在相对平坦的岩石露头上打上格子，然后按比例将现象精确地绘于方格纸

上。所使用的比例尺应该能刚好画下素描范围内的条带的典型变化和薄层带状岩石的任何旋迴型式，同时又能尽可能详细地表示出露头上的现象。比例尺可以是，比如说，对10×10m的实际面积，采用1:10，1:5或1:20，视情况而定。对露头上单个的现象可以用1:1的比例或者放大来素描。这些典型露头应标注在野外用图上和建造的柱状图表上。这种展示细节的大比例尺地质图或素描图本身又能表示所采样品、小型包体和脉的位置，以及记录了它们的矿物结构和成分的（这将在后面讨论）典型岩石的位置。大比例尺的地质图或网格素描图在展示岩石条带之间微小的，在任何一般观察点上都不易看出的角度不整合方面，以及在展示不同成分条带及细脉以及其周围的定向组构发育的程度和方向的变化方面特别有用。（参阅表1.2中所列的参考书《基础地质填图》的4.8.3节。）

为了图解式地说明一些变化，例如网格区内矿物含量的变化，可以作一个局部的详细的柱状图表。这种柱状图表不能代替大比例尺地质图，因为它无法表现带状岩石特征横向的变化不论条带之间轻微的不整合、岩层厚度在空间上的变化细节，还是岩石组构伴生的变化。作这种小面积的详细图件不会占用太多的时间，并且对于规模介于矿物颗粒那样大小到此种详细图件所用的比例尺之间的地质现象；可以作放大比例的详细素描图。因此，对薄层带状岩石的典型露头，应作展示细节的网络素描图或大比例尺地质图，而不管是否也同时作了相同比例尺的柱状图表。

4.3 三维空间观察

岩石是立体形态的，带状岩石是由席状岩石构成的，即

使它们在地表上表现为带。然而，诸如石香肠和同岩席方向一致的脉这类东西，也可能表现出成层现象。只要有可能，就应对带状岩石做不同方向的观察，并且记录在不同方向上岩石性质的任何变化。

第5章　矿物、岩石类型、成分和变质等级

本章讨论的对象是变质岩描述的基本内容。这些内容很重要，所以用整节篇幅专门讨论：肉眼可辨的矿物(5.1节)，细粒物质（5.2节）以及岩石类型的定名（5.3节）。随后是对描述岩石类型时应当遵从的一般程序的简短说明（5.4节）。最后一节（5.5节）讨论对成分作推论性的分类，以及对变质等级作推论性的划分。同以上各节内容有关的详细资料列于书末的表（10.1—10.3节）中，以便于野外参考查阅。

5.1　矿物

只要矿物是肉眼可辨的，它们就应成为岩石类型野外定名和对岩石类型作详细描述的基础。大多数关于岩石成因和变质等级的推论正是依据这些描述得出的。只有当矿物无法辨认时，才将岩石的物理性质，例如颜色，作为识别岩石类型的根据。

5.1.1　记录矿物的组合、比例和性质

野外记录的标准应当是使人能够尽早地得出有关推论。可以根据以下几方面来对变质作用的等级作出推论。

1　特定特征矿物的存在。

2　几种矿物的共生（它们可以是岩石的全部矿物组合，也可以是其中的一部分）。

3　预料要出现的矿物或矿物组合缺失。5.5节和10.1节

给出了具体变质等级的指示矿物。应当由此而意识到弄清哪些矿物是互相接触的，而哪些矿物不是这样（即使它们分散存在于岩石中），这是很重要的。

在确定变质等级时，共生矿物的比例本身并不重要。然而，可以根据矿物成分和矿物间准确的比例来相当近似地算出岩石的总体化学成分。对许多岩石来说，成分是了解岩石变质前性质的主要线索，并且从地质意义来说，它比变质条件更为重要。因此，必须记录矿物间的比例。

无疑，记录矿物，记录它们间的相互联系和相互排斥的关系、以及它们的比例是一件耗时、乏味的工作。然而，除了作为证明变质等级和变质前岩石类型的根据(5.5节和10.1节）外，这种资料还有助于归纳综合对变质地体的描述，例如确定建造间的关系（3.2节）。

除了记录矿物之间的关系外，有时还需要记录某些矿物的具体性质。如果某矿物具有不常见的性质，如果没有把握对某矿物作出鉴定、或者如果是一种性质经常变化的矿物，记录其性质就很必要了。应当记录诸如紫色的石英或单斜辉石的颜色这样的内容。至于记录石英有玻璃光泽、或方解石遇酸起泡、或云母能沿解理剥开等则只是浪费时间。以下几条为记录的规则：

1 如果某矿物已被确认，则记录其名称和含量。

2 如果推测是某矿物或不敢肯定对它的鉴定，则应记录推测或不敢肯定的理由。

3 如果已知某矿物属于某一矿物族，或已知其成分具有一定范围，则记录那些在该族内或该范围变化的特征。

4 如果不认识某矿物，则充分地描述其特征。

5.1.2 矿物的鉴定

用放大镜能看见的矿物应即时鉴定，或根据性质的相似性确定它属于何种特定矿物族。10.2节的矿物一览表是矿物的常见特征。其中颜色和形态（“结晶习性”）并非总是可靠的。矿物的性质常有多种可能的变化，这是地质工作者必须注意的，但也是能加以有效地利用的。例如角闪石可以下面几种产状出现：

1 直接交代辉石产出的短而粗的颗粒（图5.1和图7.11）。

2 如果生长于变形后的片岩中，则具针状或刷状的结晶习性〔图5.2和6.1（b）〕。

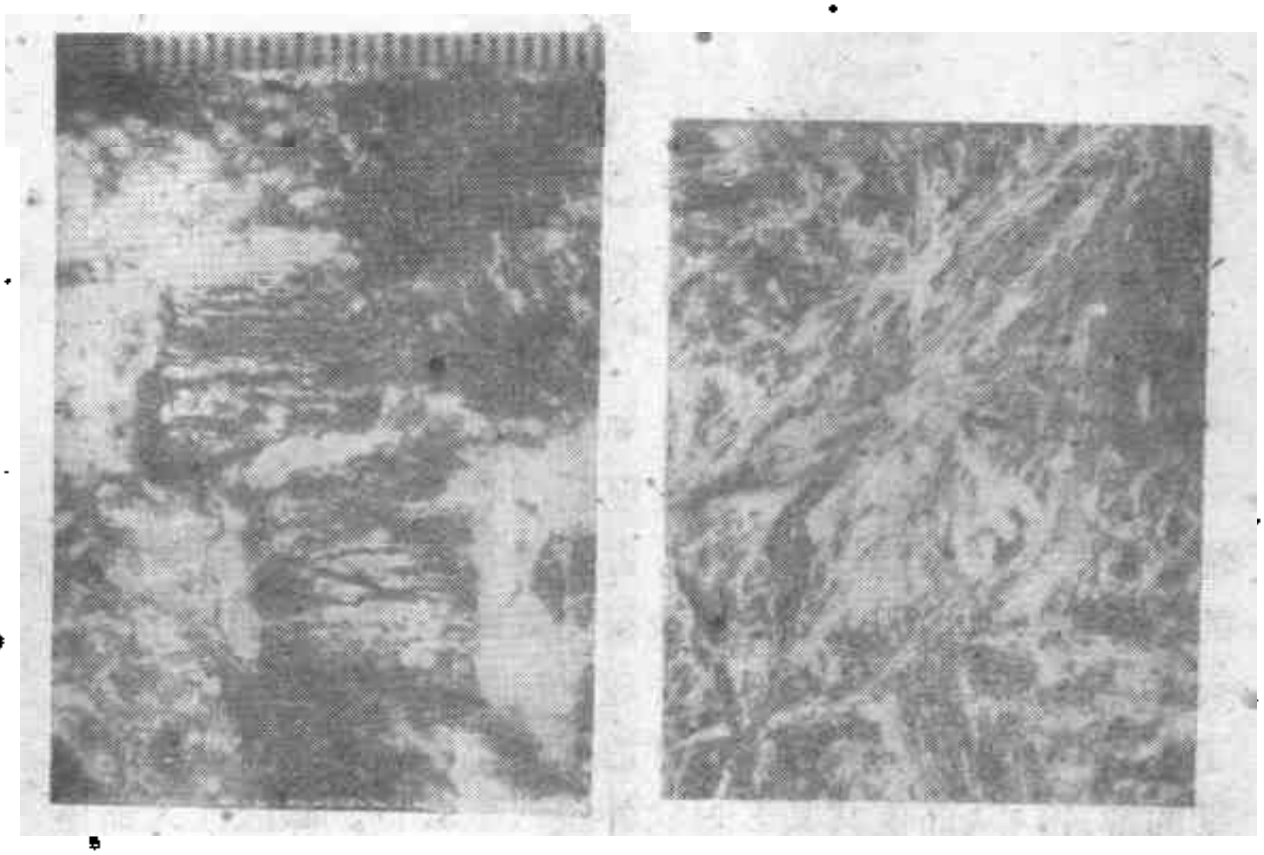


图 5.1 变质辉长岩中两颗浅色火成单斜辉石，发育的裂理使它具云母状外貌。边缘已为暗色阳起石交代。视域26×42mm

图 5.2 放射状排列的针状角闪石（超镁铁质片岩中的直闪石。采自外赫布里底群岛）。视域5×7cm

3　在遭受了持续的塑性变形的角闪岩中，呈等粒状产出（图5.3）。

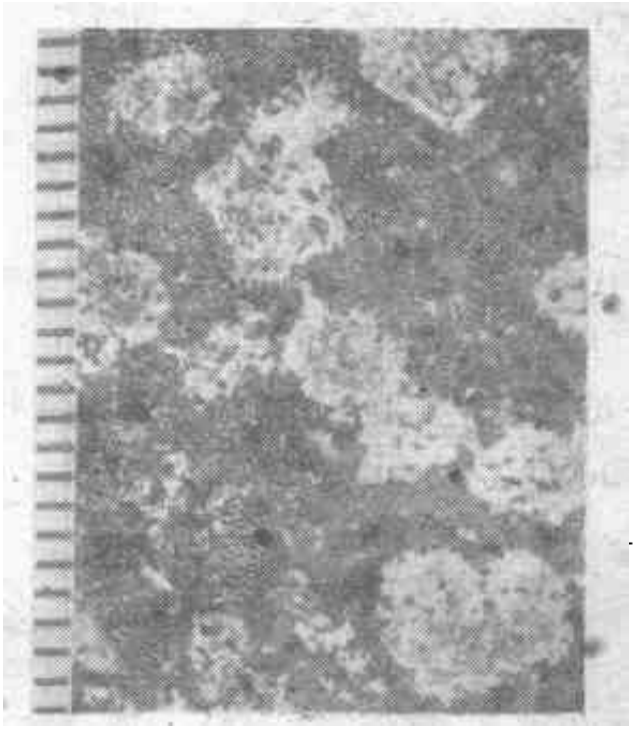


图 5.3　石榴石角闪岩中的等粒状普通角闪石
岩石中星散分布着斜长石。（外赫布里底群岛）视域23×16mm

该一览表未包括矿物的全部特征。

除了简单的颜色外，出溶现象，双晶，蚀变作用和风化情况对鉴定矿物都是有用的。古铜辉石的古铜色是众所周知的。不完全风化的黑云母的金褐色或酱色正是其鉴定特征。火成辉石常具有一组主要的裂理，出溶物质沿裂理分布，除了破碎成棱角状小颗粒（这种情况少）外，辉石会分裂成柔韧的薄片，从而使其具云母状外貌（图5.1）。碳酸盐大晶体的风化表面由于沿几组相交的解理或双晶纹理发生的腐蚀作用而会显毛皮状的外貌。风化的碳酸盐矿物颗粒表面或四周具橙色或铁锈色沉淀时，则表明它是含二价铁的碳酸盐类矿物。岩石暴露表面上的铁锈色或色斑，常表明岩石含有硫化

物，并且在岩石富硫化物的部分及单人硫化物颗粒周围，色斑的颜色更深。这些例子都是一般现象。另一些现象可以因局部风化或热液条件所造成。可以拟定一份关于该区这样一些特征的一览表。

矿物的每一颗粒都能单独地鉴定出来的情况是很少的。大多数矿物都是将众多的颗粒所表现的特征综合以后才鉴定出来的。这就是要假定这些颗粒是同一种矿物，并把注意力集中于视力所能看得出其相同之处和区别之处的特征方面。在运用从一个岩石上得到的鉴定特征来推断另一岩石内的矿物时，应该有意识地这样做。例如：

1 某矿物在被其它矿物包围时可能是自形的(显示自己的结晶形态)，并且是能鉴定出来的，其颜色和风化特征与别处的他形颗粒明显相同。

2 在一些斑块，如脉中，矿物的颗粒可能比产出于别处的要大，因而就更清晰地显示了如解理一类特征。

3 在脉中，主岩边缘的他形小颗粒上可以生长出自形的大颗粒晶体。当时某类岩石中的矿物作出了推断性的鉴定时，应及时地记录并在以后写入报告。

副矿物（这些矿物量很少，所以岩石命名时不考虑它们）应写入报告。实践证明，寻找岩石风化面上由于可溶性矿物的淋滤而形成的空洞，和寻找脉中及由粗粒矿物构成的斑块中的晶洞是比较好的办法。如果在这种地方发现了矿物，那么，这些矿物基本上也可能在岩石中出现，从而就要去弄清这些矿物在岩石中是否是肉眼可辨的。

矿物的颜色是个问题。变质岩中大多数矿物的颜色都要受绿色的影响。应尽可能掌握的、显特殊绿色的矿物有：硬玉，阳起石，橄榄石，蛇纹石，绿泥石，绿帘石和葡萄石

（我在野外，总要随身带上其中几种）。虽然有些颜色是矿物的本色，但其它一些则是由于含有包体的结果（如长石中稍带白色的绢云母，或淡红色的氧化铁或带黑色的钛铁矿）。在另一些情况下，所看到的颜色实际上是周围物质的颜色透过透明颗粒而显现的（例如，填隙的多硅白云母或绢云母使石英—长石质岩石显绿色）。许多书本里所引用的颜色是矿物在薄片中显现的颜色。在薄片中有颜色的矿物在肉眼看来是带黑色的，而肉眼看有颜色的矿物在薄片中则可能是无色的。矿物的本色只是由于矿物中的某些元素造成的。仅仅由原于序数直到钙的那些元素或再加上碱金属、碱土金属元素构成的矿物基本上是无色的。以过渡元素或重金属元素作为基本组分的矿物（粗略地统称为铁镁矿物和重矿物）则是深色的。浅色矿物中有少量过渡元素的置换时会显示鲜艳的颜色（例如：橄榄石族、多硅白云母、透闪石质阳起石、绿帘石和葡萄石中含少量的铁）。浅色矿物中细分散状的色素离子（例如，三价的氧化铁）常使矿物的颜色变深。某些元素与特定的颜色有关（例如：铬与绿色有关）。关于这一点，三价铁的氧化物和氢氧化物的赭色是不正常的。在硅酸盐矿物（如绿帘石）中，三价铁通常使矿物呈绿色。所以从化学上说，绿色并非还原条件的标志。

根据解理确定矿物的基本对称性可能比根据颗粒形态要容易得多。然而，可以把颗粒形态同矿物的其它特征结合起来考虑。例如，对横切面为圆形的柱状矿物来说，其横切面上可能有不止一个的相等的对称方向。故从晶体光学的角度来说，它属于一轴晶矿物。可是，如果平行其延长方向仅发育着一组解理，这就表明该矿物的对称性与一轴晶不同，而必定属于斜方晶系或对称性更低的晶系。这种快速检查法能

避免许多错误的鉴定。

在矿物的斜交解理面的粗糙断面上，解理，特别是解理间的夹角是可辨认的。矿物断面上有无数的微小阶梯沿解理分布，虽然它们可能看不出来，但仍然能反射出由同一方向来的光线。在定向光(如阳光)的照射下，是能分辨出从不同方向的解理面上反射来的光，从而大致地估计它们间的夹角。这尤其应当作为区分性质有点相似的角闪石和辉石的标准方法。

鉴定矿物时最主要的问题常常是要真正地看到矿物。一些抗溶解、风化的能力低于或高于平均水平的矿物，在风化表面上可能较明显，另一些则只能根据其新鲜色来区分。一些矿物可能由于颗粒周围的裂隙出现腐蚀现象面在轻度风化面上呈现出来。干燥岩石凹凸不平的断面可以使光线发生散射，从而使一些颗粒显现。另一些情况下，可能在湿润的岩石断面上颗粒显得更清楚些，因为湿润的断面对光线的散射作用较弱。所有这些都视具体情况而定。鉴定矿物的唯一规则是使用地质锤、放大镜、水、盐酸和条痕板对矿物作多方面的不懈的鉴定尝试。

5.2 细粒物质

5.2.1 细粒物质构成的斑块、假象和糜棱岩细脉

实际工作中，可能会看到这样的岩石：它的某些部分是由肉眼无法分辨的细粒物质构成的，而其它部分的矿物颗粒则明显可辨。此时，通常会提出的两个问题是："这种由细粒物质构成的东西是怎样来的？"、"它们是什么物质构成的？"。可能的答案有：

1 这部分在岩石变质前即由细粒级的矿物组成。

2　变质过程中的化学作用使矿物颗粒粒度变小(广义的假象化作用)。

3　变质作用造成矿物颗粒的粒度变小。

由细粒物质构成的具有大粒度碎屑外形（圆形或棱角状）的团块通常是变质前就存在的。一般说来，它们包括：粗粒沉积物中的岩石碎屑，细粒沉积物中的生物碎屑或结核（硅质、铁质或钙质的），火成岩中的捕虏体。几乎所有类型的由细粒级物质构成的岩石都能作为岩石碎屑或捕虏体出现。在变质岩中见到这些东西时，可把他们与其所赋存的粗粒岩石类型紧密地联系起来考虑，将它们作为变质岩，并按变质岩描述（5.2.2节）。

许多由细粒物质构成的、有大晶体那么大的团块，在整个岩石中都表现出在成分、大小、形态和分布上的一致性，这些团块通常就是假象（见7.3节插图）。若这些假象成群出现，或大小不等，则它们完全反映出被假象交代矿物的外形特征和分布特征（例如辉长岩中成群出现的斜长石或辉石，或平行岩墙壁分布的斑晶串）。被假象交代的原矿物可以是变质形成的，也可以是变质前就存在的。尽管许多假象完整地再现了原矿物的自形晶形，但这并非“假象”这个定义的必要条件。正如矿物，尤其是变质岩中的矿物，通常是卵形的或不规则多边形一样，置换这些矿物而形成的假象同样也显示这样的外形。要留心有些矿物可能包裹它种矿物的大量细小颗粒而形成变斑晶。由于这种变斑晶包有细小颗粒，故它们看上去很象假象，但是实际上并非假象。变斑晶中的这种微小颗粒无论在矿物种类、粒度、还是在晶形方面，比起通常情况下的假象中的颗粒来，都更类似于基质中的颗粒(图5.4和图7.10)。假象的形状以后可能会改变。化学反应趋向于

使棱角状假象的外形圆化。变形作用也能产生同样效果，而且还能引起假象形状的改变，造成与被假象交代矿物的形状不同的各种各样的变形形状。假象颗粒内也有可能出现分带现象。7.3节将更详细地论述假象问题。



图 5.4 富含包裹体的卵形变斑晶（可能是蓝青石）注意变斑晶内外的细颗粒显示出的相似性。（产地不详）视域35×24mm

细粒基质加上粗粒矿物颗粒或粗粒岩石碎屑的结构可能出现在看去象变质碎屑沉积岩或变质火山岩的岩石中。也许确是这种成因，但也可能是变形作用的产物。对这两种成因有时难以区分。不管岩石中的细粒物质是变质前就存在的还是变形作用造成的，岩石的粗粒部分均可能有圆化的边缘，其基质可能为暗色板状，或霏细状，而且一般无其它特征。无论上述哪种原因，当岩石物质成分为长英质时，基质都可能为板状或含绢云母。而当岩石物质成分为中性或基性火成物质成分时，其基质可能更富绿泥石。平行片理的拉长扯断的原生粗颗粒碎片，或者切穿粗颗粒并由细粒物质构成的条纹，都可以证明岩石遭受过压碎作用，使颗粒粒度减小。这种压碎作用也可以叠加在具有细粒基质的原岩之中。通过地质填图弄清岩石的分布特征和通过比较岩石类型组合，都能有效地区分这两种原因。因为这项工作能够证实或是产出于层状沉积岩系（碎屑岩、火山岩或火山碎屑岩）中，还是出

现于变形带中。产出于变形带中的岩石，尤其是碎裂岩和糜棱岩，是9.2节讨论的内容。

5.2.2 细粒岩石

由于粒度太细而无法按矿物成分描述的岩石应按其物理性质或简单的化学性质给予描述：新鲜面上和风化面上的硬度、颜色和光泽；相对于指定岩类的抗风化能力；明显的各向异性及劈理的发育程度；是否为块状的、斑状的或条带状的（是平行于还是斜交于层理或带状构造）；是否与盐酸起反应；和相邻的较粗粒的岩石类型之间是否存在粒度上的渐变关系。如果有这种渐变关系，还有哪些其它性质也是渐变的。以上这些，部分地属于第6章所讨论的组构和劈理的范畴。

表5.1列出了一些细粒岩石类型。注意除蛇纹石（或"蛇纹岩"）外，这些岩类要么是变质前即为细粒结构，要么是变形作用破坏了它变质前的原生结构。细粒的硅质岩相互之间是不易区别开的，而且也未找到合适的、被普遍接受的术语名称（大致与"霏细岩"相当的变质岩名称）。"绿岩"这个词并不总限于用在细粒岩石上。

5.3 岩石类型名称

变质岩岩石类型的野外名称通常为三种：

1 以变质矿物为基础命名。当变质矿物为肉眼可辨时，应使用此种命名法。

2 在非变质岩岩石类型名称前加上"变质"一词。当岩石中的矿物肉眼可辨，但基本上都是变质前的矿物时，使用此种命名法。

3 归纳岩石的主要物理性质加以命名。此种命名法用于

表 5.1 某些细粒岩石类型

板岩（由细粒沉积岩变质而成。）	角岩及类似的岩石类型
软板岩或千枚岩，几乎全由片状硅酸盐矿物（绢云母和绿泥石组成）。硅质板岩，除片状硅酸盐外还有大量的石英（有时是长石）。	所有各类角岩。角岩化作用（使岩石变得更硬、更脆、更均质）并不局限于某特殊的原岩类型。
泥灰质板岩，除片状硅酸盐外尚有可见量的方解石	变质煤石岩，状似角岩，黑色，赤铁矿红色，或褪色成白色；与其它非角岩的变质沉积岩共生。
蚀变火成岩（可以为块状或板状）	角岩状硅质岩（无标准名称可用）与其它变质的，但不是角岩化变质的沉积岩和熔岩等共生；由火成"霏细岩"或细粒砂岩（长石砂岩或石英岩）变来。
蛇纹石（或蛇纹岩）：由超镁铁岩变来。	断层岩石及糜棱岩
绿岩：由细粒基性岩或中性岩变来，其颜色通常来自绿泥石或阳起石。在属甚低变质级的、外观上看来未变质的沉积岩或熔岩堆积中，可能见到类似棕色或灰色绿岩类。	断层泥（无粘结力的），假玄武玻璃（玻璃质的），碎裂岩（块状的）和糜棱岩（细带状，有时为板状）；由所有各种岩类变来。产出于断层或糜棱岩带中。见第9章
红色和绿色岩石（无标准名称可用），含有许多斑块，有的富含碳酸盐矿物，有的显赤铁矿红色；有的显绿帘石绿色。由遭受过热液蚀变的火山物质变质而成	

肉眼无法看出单个矿物颗粒的岩石。

对特殊的岩石类型可用其它名称，特别是产出在断层带和变形带的岩石（见表9.1）。

5.3.1 以变质矿物为基础的命名

大多数变质岩都在10.3节所下定义的标准类型范围之内。只要有可能，都应使用其中所列的名称，但要在前面加上一些附加词（如下述）。这些名称具有被普遍接受的矿物

量比上的含义，故不应使用于任何其它方面。例如角闪岩是一种含斜长石和普通角闪石的岩石，因此，“角闪岩”一词就不应使用于仅由角闪石构成的岩石。次要矿物名称应作为前缀加在基本岩石类型名称之前，例如，透辉石大理岩，石榴石角闪岩。对于云母片岩和大理岩，可以分别加上云母或碳酸盐矿物的名称作为前缀以使岩石名称更具体。这时前缀所用的名称就不是次要矿物的名称了。

对于无法归入这些一般类别的岩石可以通过在主要矿物或矿物对的名称之后加上结构类型名称（片岩、片麻岩、角岩）而给予命名（例如，普通角闪石片岩、绿泥石-阳起石片岩）。如果无合适的结构名词可用，则在主要矿物名称之后加“岩”字或“岩石”二字，其它矿物的名称则可以放在主要矿物名称之前（如，石榴石岩，透辉石普通角闪石岩）。

5.3.2 以变质前岩石类型为基础的命名

这种命名法基本上是在原岩名称之前缀以“变”字或“变质”二字（例如，变质长石砂岩）。只要有可能，定名中就应包括结构名称以表明变化作用的性质（例如，片粒状砾岩，角岩化云母片岩，片麻状变质花岗岩，压扁辉长岩）。如果不用“变”字前缀也不会发生误解，则可以不加“变”字头。“花岗片麻岩”一词是故意弄得意义不明确的，但是在确实不清楚变形作用是发生于岩石固化之前还是之后时，这一名词却被证明是正确的。在其它情况下，应使用意义明确的名称。对于确实在固化后遭受过变形作用的影响的花岗质岩石使用“片麻状变质花岗岩”一词是正确的。

5.3.3 细粒变质岩的命名

细粒岩石类型的基本名称要么是反映岩石的物理性质：角岩，板岩，糜棱岩等；要么是反映岩石的成分：大理岩，

石英岩，绿岩，蛇纹岩。如果可能，两方面的名称都应使用（表5.1）。在基本名称上还应该加上表示岩石的次要性质的词如颜色（如黑色板岩）或可见矿物的名称（如含黄铁矿板岩）。有时，岩石的总体性质具有成分的含义（例如，斑点状角岩，红色板岩），尽管岩石名称上未详细表示出这些含义。

5.4 岩石类型的记录格式

对细粒岩石类型应首先给出其名称，然后尽可能充分地予以描述。参阅5.2.2节。

对于肉眼可分辨其矿物的岩石类型，应当首先记下（1）它的名称，然后（2）列出其组成矿物，按照含量减少的顺序排列。每个矿物名称可附加一个诸如“变斑晶”或“自形”之类的词。如果矿物间的比例在岩石中是均匀的，也应在岩石名称后记下其数值（作为百分比）。如果某种矿物明显地是原岩的残存物，也要指明。

岩石类型描述的其余内容应由一般到特殊，从（3）岩石的总体性质（颜色，断口，节理，片理，风化类型等）开始。接着（4）对它种成分斑块或薄层规模层带的素描。素描中要附上关于岩石不同部分中矿物比例的文字注解。然后是（5）对颗粒间结构的素描，同时附上矿物名称给予注解。所有素描图都必须有比例尺，并标出任何定向要素的方向。从结构描素能引导出岩石类型描述中的两个独立的方面：矿物方面的细节（如下述），以及组构、构造的先后关系等等（如10.4节所列，并在第6章给予充分讨论）。

作为对素描的注解，或者是另外单独叙述，都必须有（6）关于哪些矿物彼此相互接触，哪些矿物不具备此种直接

接触关系的说明。此时应检查核对矿物比例、粒度和相互接触关系是否都已作了记录。做了这一步之后，应当是（必要时可参阅5.1.1节）（7）对每个矿物作简短的描述，继而（8）对岩石中任何由细粒物质构成部分的描述（5.2.1节）。为此，可以考虑将矿物归并成四个组（如10.2节），并按以下顺序描述：

1　主要矿物　　它们通常以不同比例构成岩石的主体。正常情况下，它们有：石英，长石，橄榄石，辉石，角闪石，云母，碳酸盐矿物，蛇纹石矿物，滑石，绿泥石和绿帘石。

2　“变质矿物”　　这些矿物虽然跟主要矿物有着相同的化学组成，但一般含量较少，而且有时对区分特定的变质级或成分类别有着独特的意义。这组矿物包括：石榴石，铝硅酸盐矿物，硬绿泥石，十字石，堇青石，葡萄石，黝帘石和硬柱石。在大理岩中，滑石，角闪石，辉石和橄榄石应归入此组。

3　“副矿物”　　这组矿物富集了岩石中的微量元素（硼，铜，钛等）。它们包括铁和钛的氧化物，硫化物矿物，榍石，磷灰石，绿柱石，电气石和铬铁矿。通常，它们在变质岩中也同在变质前的原岩里一样，以副矿物的形式存在（变质前、后都富集同样的元素）。作记录时，应当记下任何表明现存颗粒在变质作用发生以前即已存在的证据。

4　未知矿物（若有的话）的鉴定。应尽可能充分地予以描述，并附上其晶形、解理、蚀变为它种矿物等的素描。

5.5　成分类别与变质等级

原岩的岩石类型迹象可由沉积构造或火成构造反映出来，也可由未受变质作用破坏的矿物颗粒反映出来。这种信

息应对照着从现存矿物组合中可获得的信息加以检验，并将两方面的信息加以综合，以得到该岩石单位的性质和成因的认识。本节将为根据岩石中现存矿物推论变质前成分的岩石类型组和变质作用等级的类别提供了一个格架。

5.5.1 变质作用的等级

横穿变质晕圈或变质区域，变质岩的岩石向变质地体内部，即向其与火成岩的接触处或其中心带方向上出现的岩石特征的变化，称为变质级的变化。在这众多特征的变化中，恰恰是矿物组合方面的变化能够用来确定变质作用的温度和压力范围。在大多数情况下，随变质作用温度的升高，变质等级也相应地增高。这并不意味着变质级与温度是同义的。由一套矿物变为另一套矿物的相同转变过程，可以在不同岩石中于不同温度条件下产出。然而，人们看不到温度。在那些能看见的东西中，有关矿物转变的信息是能得到的最好信息——能用来说明不同的岩石具有某种共同的东西，即它们具有“同一个变质等级”。换言之，压力与温度是对引起变质作用发生的条件的度量，而变质级是对变质作用的度量。

压力对矿物化学反应的影响具有差异的。一般地讲，在较高压力下，反应将在较高温度时产生。但对每个反应来说是不同的。因此，对于不同的岩石来说，所确定出的（或至少是测量出的）一个变质级转变为另一个变质级的转换点，在压力值上是不可能完全精确地吻合。

在描述变质地体过程中，应当记录一套矿物转变为另一套矿物的现象。如有可能，还要在图上填出。此时，总会联想出：“矿物组合的这种变化是代表着主要化学成分的变化，还是代表着变质作用等级的变化，即‘等变质级’的变化？”所以，必须同时对岩石成分和变质等级两个方面作出推断。

两方面的推断都必须从两个角度进行。对于变质地体内岩石类型的变化，或按照原岩的成分变化，或作为局部规模上的变质等级变化来描述和解释。变质地体中岩石间的这些关系，对作出该区地质情况的综合分析是不可缺少的。另一个角度是从客观的角度，依据客观的、普遍可行的方案，对岩石进行比较和分类。10.1节给出了这样一个分类表。它确定了常见变质岩的成分类别，并为它们的变质级划分提供了依据。确定变质作用的温度和压力超出了非专业岩石描述者的工作范围，但是将变质岩组合划分为低变质级（*LG*），中变质级（*MG*）等已初步说明了它们的范围。(大致的压力与温度区域示于图5.5)。这是概略的划分。如果一些岩石部分属于低变质级，部分属于中变质级，这时，就应毫不犹豫地说它们是两者之间的过渡物。成分类别的界限同样有含糊之处。例如在不同变质等级时，含和不含K-长石的云母片岩之间的过渡成分是稍有一些差异的。不能过份强调这个分类，它是一种使情况简单化的推论，并且它不能代替对野外岩石的这些特征的描述。

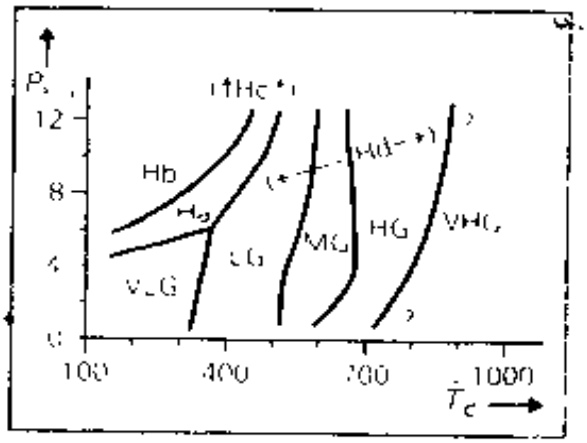


图 5.5　本书使用的变质级类别和高压矿物组合的大致压力与温度范围（见表10.1）

注：kbr = 10^8Pa

5.5.2 成分类别

10.1节包括了所有由块状原岩变来的常见变质岩类，而未包括大多数反应带岩石，交代岩石，热液沉积岩石和变质土壤和底土。

变质火成岩分为超镁铁质岩（A），基性和中性岩（B）以及酸性岩（C）。变质沉积岩分为石英岩（D），半泥质岩和泥质岩（E），钙质岩（F）以及变质泥灰质岩和钙-硅酸盐岩（G）。正常泥质岩被划为一个亚类（E+）。在这些类别之间可能出现许多过渡岩石类型，但所给出的划分依据应足以确定出岩石变质前的岩石类型和它们的变质级。不同类别的主岩内可以包有大块碎屑，捕虏体，侵入体或一种成分的堆积层。

表10.1归纳出一些岩石类型在不同变质级时所出现的最常见矿物。这些矿物并非变质级的必要指示矿物。变质级指示矿物列于10.1节中。它们可以只是岩石整个矿物组合的一部份；或是单一种矿物，或是两种或更多种矿物的组合。“组合”一词用在这里是指能够指示变质等级的一组矿物，而不是指构成整个岩石的全部矿物。

各种成分类别的简要特征已归纳在10.1节里，用以减少读者阅读中前后对照翻阅造成麻烦。下边叙述的各类别的特征必须多加注意。

5.5.3 基性岩与中性岩（B）

火成斜长石变质成为岩石的钙-铝质部分，而大量的火成镁铁质矿物变质成为岩石的镁铁质部分，两者之间极少相互作用。石英在变质过程中稳定不变。至于黑云母，除了在甚低变质级（*VLG*）或甚高变质级（*VHG*）外，也保持稳定。因此：

1　岩石中的镁铁质：钙—铝质：石英：黑云母之比率大致与火成岩中的相等。

2　火成岩构造在岩石各部分中有变化，但依然可辨。

3　深成的粗粒结构仍然以假象或眼球体等形式残留。

（成分加上构造能相当准确地鉴定出它的火成原岩。）

4　钙—铝矿物与镁铁矿物互相均匀混合的岩石，或由细粒火成岩变来；或由粗粒火成岩遭受变形作用所形成；或由快速地再次沉积的火成岩物质变来。（这些都可能在某种形式上呈层状产出。）

5.5.4　泥质岩（E⁺）

传统上，人们是按这类岩石中矿物的首次出现来划分岩石的变质带的。这些矿物包括黑云母，石榴石，蓝晶石或红柱石。然而，如果岩石成分变化很大，那么这些矿物就都不可靠了。如果在野外能证实这些矿物呈稳定的带状分布，则可以用它们来确定局部的变质带。即使在这种情况下，也不能将它们与通用的变质级类别（如10.1节所给的）进行详细的对比。

在甚低变质级（*VLG*）时，变质级和成分两者都会影响矿物组合的变化，但由于一些矿物被笼统地定为“绢云母”，所以在野外是不可能区分开两种影响因素的。

如果在甚低变质级（*VLG*）或低变质级（*LG*）条件下，除这些矿物外，碳酸盐矿物作为主要矿物出现于岩石中，这种岩石就应归入“变质泥灰质岩”（G），因为在中变质级（*MG*），高变质级（*HG*）和甚高变质级（*VHG*）条件下，它们可以变为相当明显的钙-硅酸盐岩石类型。

5.5.5　大理岩和钙-硅酸盐岩（F和G）及流体

在硅酸盐岩石中，进变质反应是通过脱水作用而进行

的。如果出现退变质反应，则将使较高变质级的矿物发生再水化作用，从而产生出在进变质作用过程中原来曾经存在过的矿物。

在大理岩中，进变质反应是通过脱碳酸作用进行的。退水化反应会产生氢氧化物和含水硅酸盐矿物，而这些矿物是不会在进变质过程中出现的。所以一些晚期的、属于低变质级的矿物是岩石早期遭受过较高级变质作用的良好证据。

泥灰岩含有硅酸盐和碳酸盐两种组分。硅酸盐矿物的脱水作用主要发生在甚低变质级和低变质级时期，而脱碳酸反应主要发生在中和高变质级时期。尤其是经过中等变质后，CO_2和H_2O都互相稀释了，这就有助于降低矿物首次出现的温度，并能使预期的反应平衡。例如：

钙长石＋方解石＋石英＝钙铝榴石＋CO_2 保持到跨越一个变质级。对其它岩石类型的观察证实了这一点。

出于实用考虑，因而：

1　对于纯的大理岩，不纯的大理岩和硅酸盐岩，由特征矿物指示的变质级是不一样的。

2　在对每个钙-硅酸盐岩作记录时，重要的是要记其中是否有碳酸盐矿物存在。

3　最有意义的含钙矿物组合是那些与多种矿物共生的组合。

4　确定变质级的方案，例如10.1节所给的方案，对遭受过二次或后成变质作用的钙质岩石是不适用的。

5　由于会发生水溶液和CO_2的互相稀释，产在大理岩和硅酸盐岩接触附近（或产在横切岩脉中）的矿物组合也许不能正常地反映变质等级。

6　在这些岩石中，只能对变质级作近似的划分和对比。

5.5.6 基性的钙-硫酸盐组分的重叠（B和G）

钙-硅酸盐岩石中发生的将碳酸盐中的钙和镁与硅酸盐结合的反应（生成如斜长石，阳起石、透辉石），可以使白云质泥灰岩类的矿物组合变为变质火成岩类型的矿物组合。然而，这是一种成分上的巧合，是碎屑物质/碳酸盐混合沉积物的一种值得注意的变化。根据不同的成分变化特征，应能区分开钙-硅酸盐岩和变质火成岩序列：

1 均匀块状的变质火成岩类显示了成分的控制作用的程度，这只用岩浆作用成因，而不能用沉积成因来解释。具此种特征的岩石为变质火成岩。

2 成分变化仅仅表现在钙-铝与铁镁物质的比例上，并可能含有一些石英和黑云母的岩石，显示出了变化的规律性，这可以用火成岩的矿物分结作用来解释，而不能用沉积作用来解释。可以根据这点来确定岩石是变质火成岩。〔(1)和(2)所提到的特征可以出现于快速再沉积的火成物质堆积中或火山碎屑岩中。此时，岩石中可能见到沉积构造和层理。〕

3 岩石类型的变化从高钙质岩类（富碳酸盐矿物或透辉石），经由变质火成岩类到E类别中的变质碎屑岩类(常富含石英和黑云母)。这显示出变质泥灰岩的一种变化特征。据此可以确定岩石为变质的沉积钙-硅酸盐岩（G)。

4 由交代作用形成的或产于反应带（第8章)中的钙-硅酸盐成分的岩石分布很有限。

5.5.7 白云母+石英组合的消失："高变质级"

大多数情况下，白云母+石英组合的消失（进变质)，或由于部分熔融（C)，或由于反应生成K-长石+铝-硅酸盐矿物（D和E)。为确定中变质级与高变质级之间的界限提供了一个有用标志。可是，在钙-硅酸盐岩（G)，中这些矿物的

消失，是由于在中等变质级时它们与方解石反应的结果：

白云母＋方解石＋石英＝长－长石＋钙长石＋CO_2＋H_2O不含钙的铝矿物与K－长石共生就是高或甚高变质级的特征。

5.5.8 甚高变质级

这不是一个与其它变质级呈连贯关系的变质级类别，而只是为着便于将一些岩石归类而建立的类别。这类岩石的脱水程度已超过通常的高变质级岩石。这样的岩石可属于本书不予讨论的少见的岩石组合。在这些组合中，可以出现一些属正常高变质级的岩石。如果在某岩石组合中发现任何特征同10.1节给出的甚高变质级特点相符的岩石类型，最好将它定为甚高变质级以引起人们对这套岩石组合的注意。

第 6 章　结构、组构、劈理和片理

6.1　概　　述

6.1.1　有关术语

组构，构造和结构这些词与由岩石中许多矿物颗粒所构成的所有规模的空间分布型式（从小的颗粒集合体到整体特性）有关。在应用于变质岩时，这些术语的惯用定义多有矛盾之处。本书对这些术语的定义如下。构造是指岩石在成分上可区别开的、大于单个颗粒的组成部分（如：带、球粒、石香肠、层理）在三度空间上的分布。结构指的是由颗粒形状和它与相邻颗粒间的关系所表现的岩石外观特征（粒状结构，辉绿结构等）。结构在野外是否肉眼可辨，取决于颗粒粒度。组构是指由于岩石要素的选择定向而使整个岩石显示出整体上的定向性（如：由最小的构造，结构，或二者共同表现出来）。显微构造在野外用不上，它是专供研究显微状和亚显微状特征时用的。

构造一词在地质学中已被滥用了。正如人们说建筑物有整体构造，也说建筑物的组成单位，如拱门，是“构造”。在地质学中也如此，人们说一个变质地体有整体构造，也把它的要素，例如褶皱，说成“构造”。按包含总体上的简化和抽象意义的原则，把岩石具体的要素分为沉积的或构造的。一套褶皱了的岩层是变质地体构造的实际组成单位。在地质学中，岩层被认为是沉积构造（最广义的沉积构造），而褶

皱被认为是地质构造。由于“构造”指的是从波状交错层理到岩石圈的任何东西，这里就有个规模的问题。具体到本章，“构造”是指手标本规模上的“整体构造”，或指任何更大规模上的“地质构造”。

6.1.2 不具定向变质组构的岩石

在这些岩石中，构造通常是变质以前的，虽然可见新的颗粒结构。它所具有的任何定向性都是火成作用的、沉积作用的或是压实作用的结果，对它的描述自然是根据对其成分的描述得出的。对这类岩石，分辨其变质结构的历史所能达到的深度可能非常有限，分辨不同岩石间结构关系时所能及的范围也是非常有限的。

在野外，因为这些特征都基本上是具几何图形的，所以对其描述应采用素描方式。任何所需用的文字如矿物名称，通常是对素描作注解。素描均应有比例尺。

6.1.3 发生变形的变质岩

本章讨论适于变形变质岩的物质结构。这是因为通过颗粒结构把变质过程和地质构造结合起来的矿物化学作用具有相应的附加地质潜能。这能确定一般的（变质的和构造的）地质历史。通过了解结构和组构方向同地质构造的共有关系，能使由一个岩石到另一个岩石的矿物变质作用的各阶段互相联系起来。这样，就能证实地质历史在区域上是连贯一致的。了解变形后的变质岩可以知道地球动力学上重要的压力和温度对区域变形事件的控制作用，并能估计变质岩总的埋藏和抬升比率。知道哪些矿物与哪些构造特征有关，就能通过进一步的研究而作出普遍有意义的结论（进一步研究工作多种多样，如同位素地热温度测量和应变率测量等）。

在野外工作中，如果你已按本书的工作步骤行事，那

么，就应对岩石露头的一般位置、符合地质图比例的组构和构造、任何成层性以及具体岩石的矿物成分作记录。然后，结构等可按10.4节给出的结构和组构的记录索引作记录。

对于成分有变化的建造，显然是没有时间，也没有意义去一个岩石一个岩石地记录与同一种区域性组构有关的、相类似的结构。对于具有不寻常成分或结构的特殊岩石，以及值得描述的岩石，倒是应当这样作，而不必考虑它的产出地点。另外，与其从分属不同建造的、分散无联系的地点挑选典型的结构类型作记录，倒不如挑选同时具有几种结构类型的典型露头。然后，可以对露头作网格素描图以弄清方向的变化或组构的强度是如何与岩石的层带、更小规模的构造等发生联系的（“基础地质填图”的图4.9：参见表1.2）。可以在已填过图的地区内选择精确定位的典型露头来描述结构和其它细节。在任何情况下都必须说明具有你所记录特征的露头的延伸情况。

6.2 结　　构

所有结构基本上都是几何图形，是好用素描来作记录。象“交叉成X形”，“蝴蝶结状”，甚至“眼球状”一类词，用于这样的结构类型变化几乎是无用的，除非是作为对素描的注释。注释恰当的素描图可以表示有关的相邻矿物，以及颗粒的相对大小，其它矿物的结晶习性，矿物的组合程度，斑块，定向性等等。这比文字描述强得多，无论文字描述写得多长多详尽（参见5.4节对矿物的记录）。

在野外工作中，作为规则，应该：

1　始终用素描。

2　始终用矿物名称对素描图作注释。

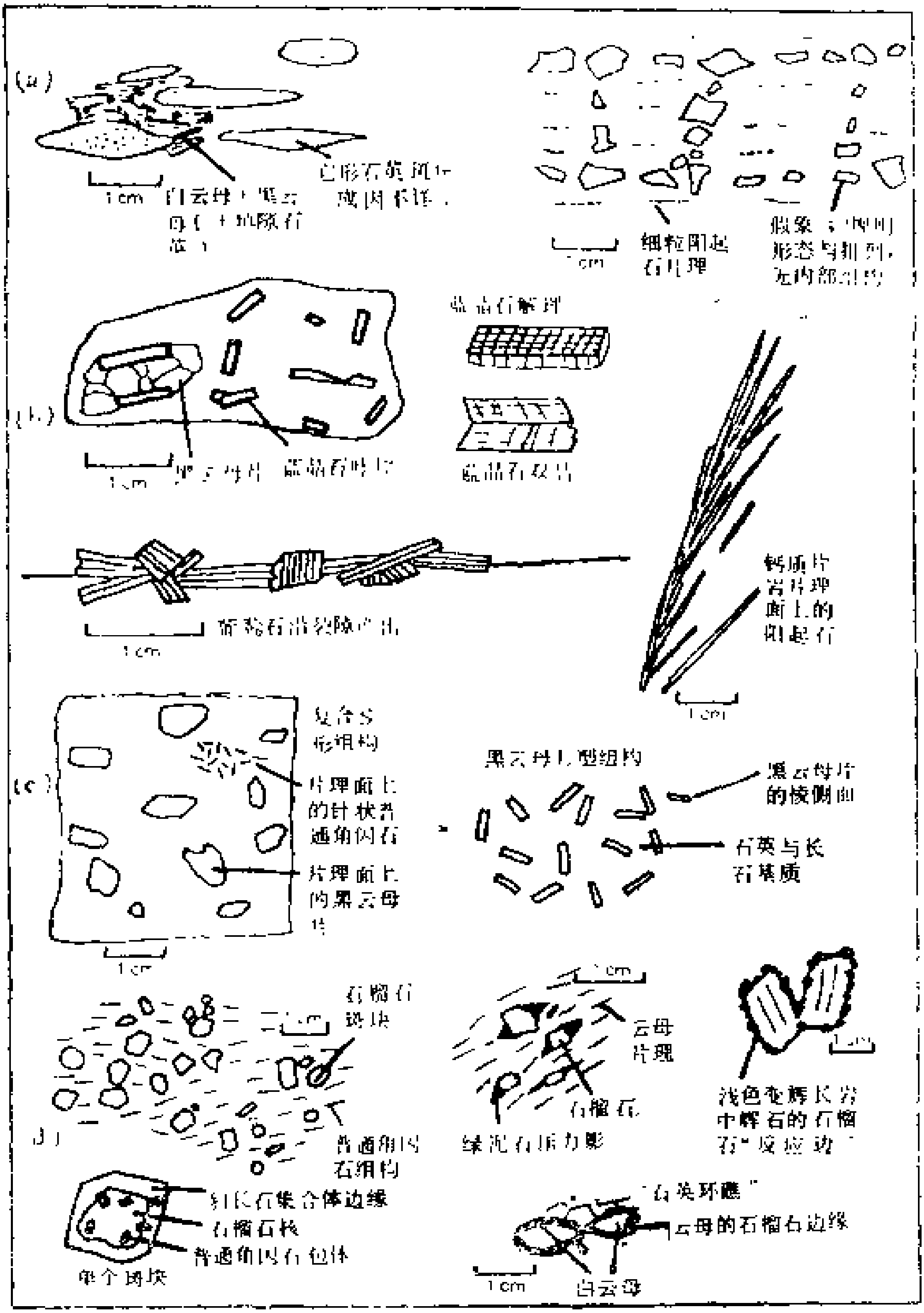


图 6.1　结构的野外素描

(a) 某些岩种成分斑块的形态、粒度与分布；(b)某些矿物的结晶习性：蓝晶石、葡萄石、阳起石；(c) 一些矿物组构；(d)一些矿物组合与时间关系（以石榴石为例）

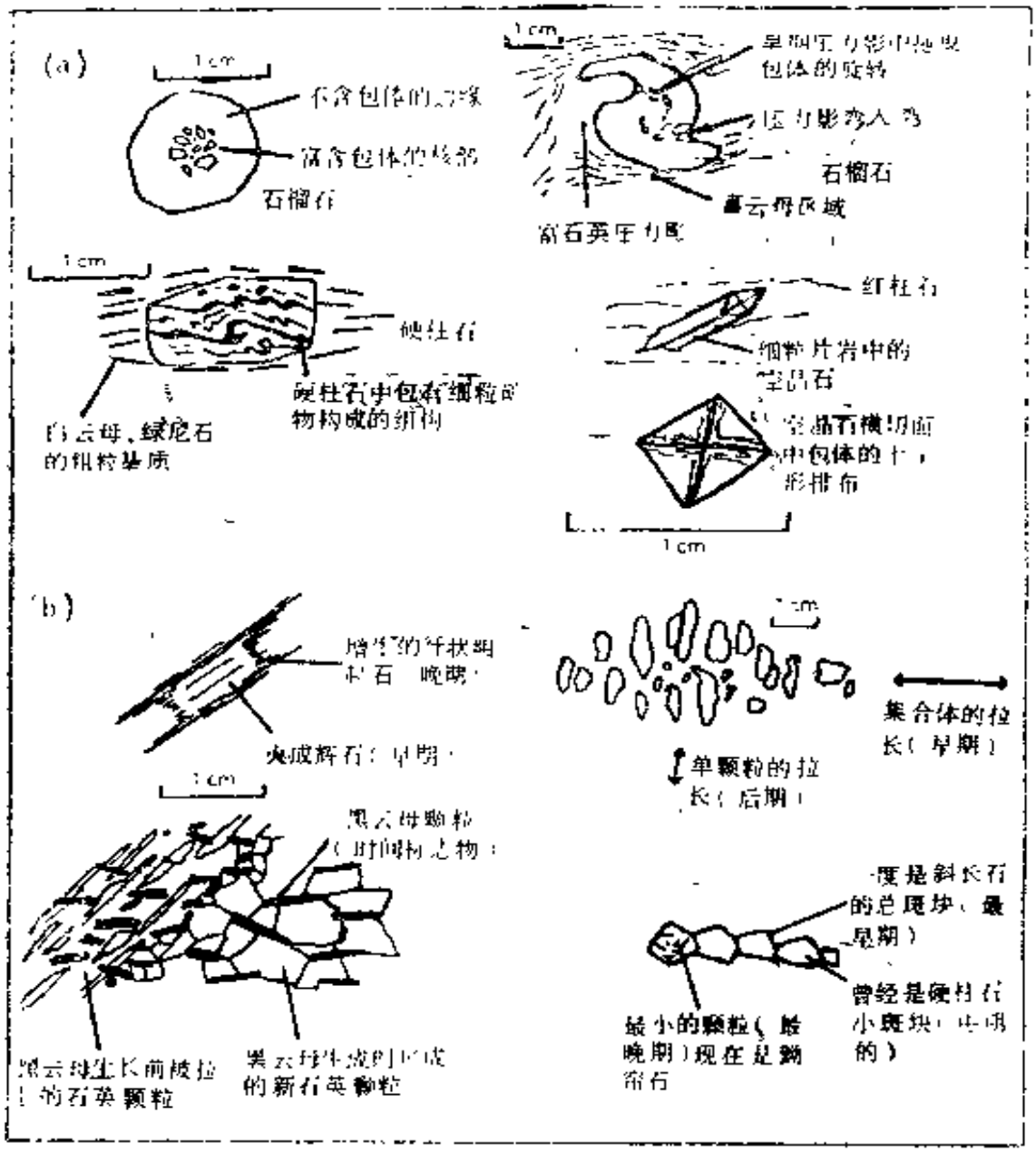


图 6.2　结构的野外素描
(a) 包体；(b) 某些时间关系

3　始终附上比例尺。

4　始终要记录所素描的露头面的产状以及面上特征的倾角。

图6.1—6.3图示几种典型结构及其所表现的一些时间关系。

6.3 组构、劈理和片理的类型

6.3.1 矿物组构

矿物组构是就矿物颗粒定向方位这一意义而言的（图6.4）。对不同矿物来讲，定向方位的程度是不同的。从理论上讲，“颗粒形态组构”（颗粒具有与其内部结晶轴方向无关的直线状外形）和“颗粒定向组构”（铁粒具有线状延伸的结晶习性而不管其外形如何）之间是有区别的。实际上，此种区别太简单化。例如，许多片岩中云母晶体方向有明显的线状排列，也可以看到云母和石英颗粒形态的线状排列。这些应当称之为“矿物组构”并用素描形式作记录，这就不至于为术语问题而操心了。

6.3.2 形态组构

由不连续的简单岩石单位所构成的另一常见组构类型是“集合形态组构”，简称“形态组构”。由许多形态具定向方位的矿物颗粒构成的斑块具有此种组构（图6.5）。

6.3.3 组构的对称

因为矿物和形态组构是由岩石中不连续的组成单位构成的，所以它们能具有所谓的“对称”。根据这种对称，应把任何矿物或形态组构分为“L”型，“S”型或“LS”型见图6.6）。根据可分裂性成视觉效果来看，主要是线状的、面状的或是混合的，可以不严格地使用这些术语来说明另一些组构类型。

6.3.4 组构成因与变质级

矿物组构和形态组构的成因可不一样。应当寻找证据以求得关于两个独立问题的答案。

1 构成组构的物质单位是何时形成的？



图 6.3　深色阳起石薄片
具弱定向组构，增生于带状石英（浅色中粒）中。成分层带由右上向左下延伸（内赫布里底群岛）



图 6.4　黑云母线理排列的L形组构（见图6.6）
大多数颗粒为棱面，在照片平面内铬具定向方位

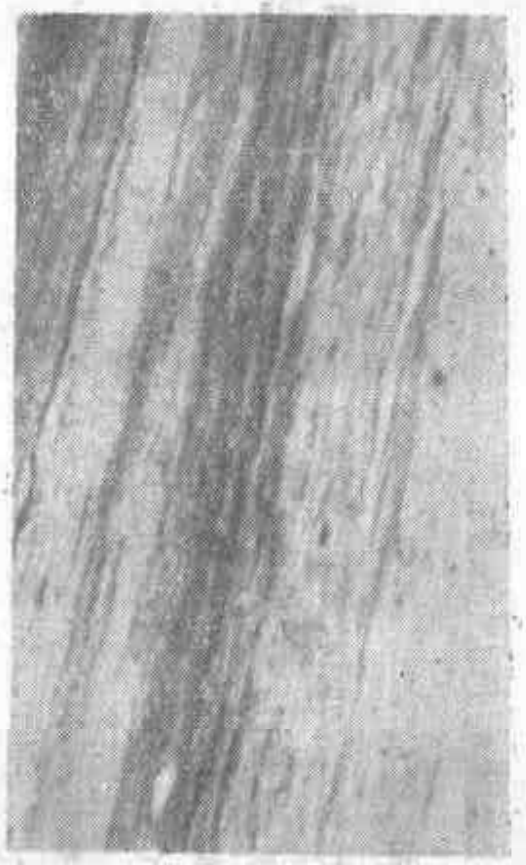


图 6.5　变质钙质砾岩变形后出现的形态组构
在该平面上，组构延伸（剖面切过变形的碎屑）的倾角明显比成分层带（层理）的倾角要缓。视域：1.5×2.5μm

2　它们是定向生成，还是生成以后才变为定向的？

变质火成岩中，颗粒或集合体的平行性可能起因于岩浆流动，重力沉降，压实，岩浆晶体生长，侵入作用与变形作用相结合、或以后的地质构造变形作用（此处所列的可能不全面）。变质沉积岩中，此种平行性可能产生于沉积作用，成岩作用和压实作用，变质矿物在沉积组构上的拟态生长，变质矿物生长期间伴随着变形作用，或变形对早期变质矿物的作用。应当在考虑组构与地质构造的关系之前，根据独立的结构证据去寻找关于组构成因的答案。在由变质矿物构成组构的岩石中，矿物能指示组构形成时岩石的变质级。这个时间也许比该变质级的起始时间要晚。

6.3.5　纹层、细褶皱和条纹组构

一些岩石具有连续或半连续的不同成分纹层，从而显示出非常强的面状定向性。有些纹层的形成是由于很强的有限应变把近于等轴状的颗粒形态变为细小的纹层。另一些纹层的定向性则起因于物质直接分离成为不同成分的条纹(2.2.1节)。还有一些纹层是由于强大的应变简单地把变质期前的层带压薄而成。纹层的形成经常是上述这些作用先后起作用或共同起作用的结果。

一些地质学家认为，这些面状特征不应归入组构范畴。如果我们知道我们正在研究的是什么的话，那就好了。但不同成分纹层状组构的成因常常是未知的或者是混淆得令人迷惘的。根据以下几条，对这些面状特征使用“组构”一词是容许的：(1)需要有一个通用的术语，(2)现在没有另外的、被普遍使用的术语，(3) 对实际上无法区分的特征强求要有术语上的区别是不科学的。

在野外能分辨开来的三种不同成分的纹层状组构，本书

称之为“纹层组构”，“细褶皱组构”和“压溶条纹”。纹层组构（或变质纹层，或只称“纹层”）由成因不明的、成分不同的、连续平行薄层聚集而成，它通常平行于更大规模的层带（图6.7）。这种组构中经常包含线状排列的片状硅酸盐矿物，从而使岩石具有很发育的平行纹层的片理。细褶皱组构是略平行的薄变形带（6.4节），这些变形带斜切了早期组构（图2.1和图6.8）。（一些人错误地认为：细褶皱的形成普遍地是由于早期组构的弯曲不稳定性所致，并且是由物质的

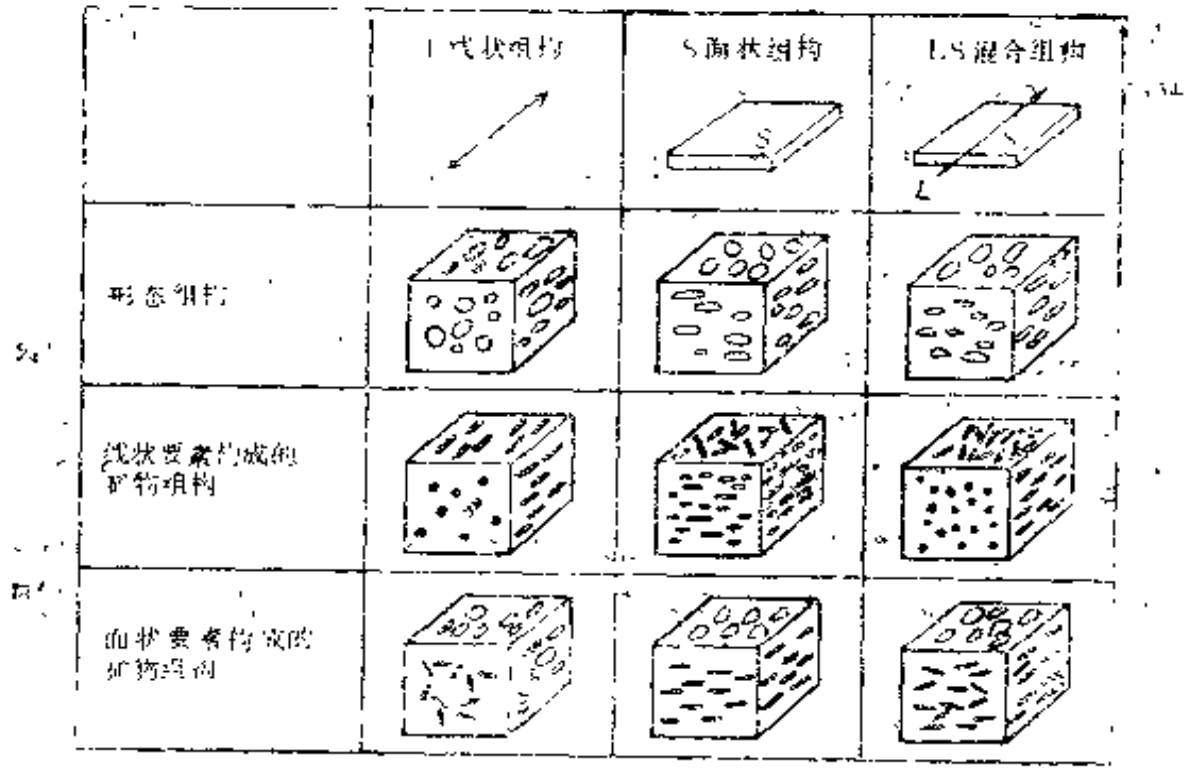


图 6.6 简单组构的对称类型

分离作用加以调节的，从而使微型褶皱而翼部变为“压溶条纹”。当看到了细褶皱的几何形态时，应使用具体形态“细褶皱”一词来命名。应当记下分离作用的任何证据，但不参与定名。）“压溶条纹”这个词应当用于具有尖陵边界的（一般是吻合的），不属于次一级细褶皱的、不同成分条纹（图

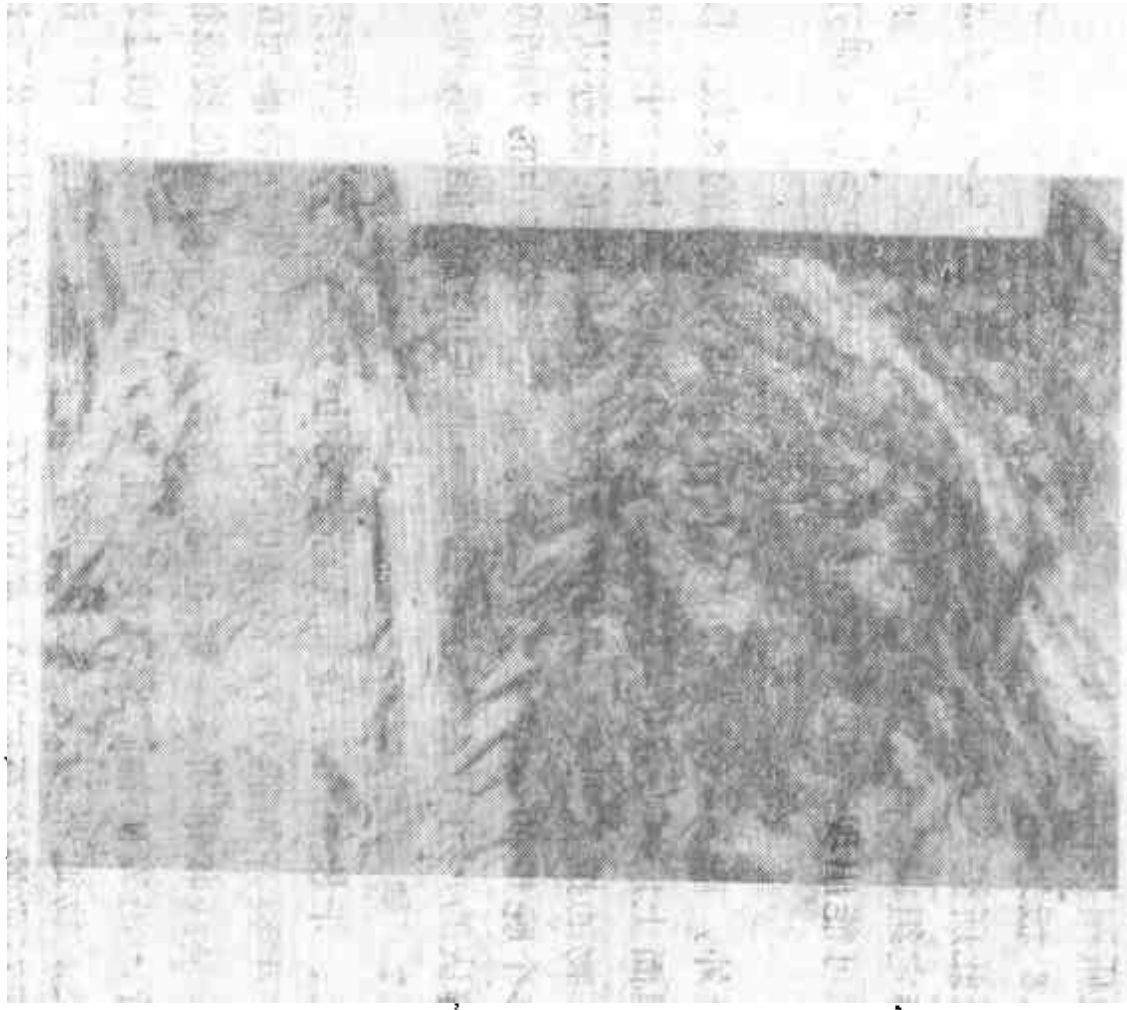


图 6.7　发生褶皱的变质纹层（纹层组构）



图 6.8　细褶皱化的劈理面　本例的细褶皱是膝折造成的(图6.16)而不是微型褶皱（图2.1）

2.2)。一些条纹出现于早期组构未发生细褶皱化的岩石中。另一些的形态在空间分布上比同一岩石中的细褶皱更有规律，或者比如说，仅仅与每隔四个的细褶皱的形态相协调。

在野外，这类组构应定名，并在选定的露头上对它作素描以表示见到了什么细节，注意图中要附上比例尺和方位。对任何早期的组构，也许已发生了细褶皱化或被后期压溶条纹穿截，应当象对后期组构一样加以详细说明。切过细褶纹的位移方向，由早期到晚期组构的旋转方向，以及它们相交方向都应给予详细研究。方向的变化成相交方向的变化，应当标在地质图及剖面图上。

6.3.6 板岩的组构

对至此所提到的组构类型的辨识都是有赖于观察到构成组构的特定组成要素（颗粒、细褶皱等等）。在板岩中，所有类型都可能出现，但不借助于显微镜是无法把它们区别开的。

在野外，应当记录岩石中任何不同成分部分的条纹，以及在劈理面上所能见到的任何定向性的性质。在板岩中，可能存在矿物的拉长现象，矿物的定向延伸，层理的痕迹以及一个或多个晚期的细褶皱（图6.8）。通常，这其中的头两项是无法辨认的，并且组构存在的唯一真实证据可能是劈理。

6.3.7 劈理和片理

板岩、千枚岩和片岩都具有定向的可裂性（容易沿某特定方向产生裂开的能力），这是因为其中的具有完善解理的矿物颗粒呈线状排列（一种组构）所致。这种性质使裂隙很容易发育，沿着矿物解理直接穿过矿物颗粒，最后切过岩石。这类矿物通常为片状硅酸盐矿物（云母，绢云母，滑石，绿泥石或蛇纹石矿物）或角闪石。要使岩石具有几乎连

续的，能沿其裂开的剥裂面，这些矿物要么必须是岩石组成中的主要部分，要么必须沿纹层、细褶皱或压溶条纹（虽然在细粒岩石中可能看不见这些）集中并且排列成线状。

“板岩”、“千枚岩”和“片岩”这几个术语专用于那些具有“变质”组构的岩石。实际上就是说“板岩”是指所有细粒的、具有由确实非沉积组构造成的可裂性特征的岩石。如果使岩石具有可裂性的那些矿物颗粒小得无法辨认，则可对岩石使用“劈理”和“板岩”这些术语。若这种岩石发育可沿其剥开的相互分离的破裂面，这些破裂面就是间隔劈理（图2.2，6.9，6.10和6.11）。细褶皱劈理和压溶劈理是其中能分辨出的两种类型。如果可能剥裂开的面很密集，用放大镜都看不到它们的特征和间距，这就叫穿透劈理成板劈理。如果细粒岩石具两个或两个以上的可剥裂方向，使岩石易剥开成长薄片（状似铅笔），则说岩石具笔式劈理。如果岩石破裂成扁平薄片，则它具有鳞状劈理。（见图6.12和6.13。）在这些例子中，应当记录不不同劈理的方向（如果真的有规律）以及相对时间关系的任何证据（方向或细褶皱受另一组的影响）。只具有发育较差可裂性的细粒岩石不会破裂成薄片，但仍可以具有容易沿某一方向发生轻度破裂的性质。这种略微定向的破裂有时称之为破劈理。

当造成岩石可裂性的矿物肉眼可辨时，此类岩石称为片岩，其可裂性称为片理。与不同的劈理类型一样，不同的片理类型通常也不取名字，但应当记录（一般用素描形式）与片理相一致的组构的类型。

千枚岩的矿物粒度大致介于“板岩”和“片岩”之间，然而它独特的易成薄片性和光泽只在个别成分类型的，一般含云母量高的岩石里才会出现。因此，“千枚岩”最好用来

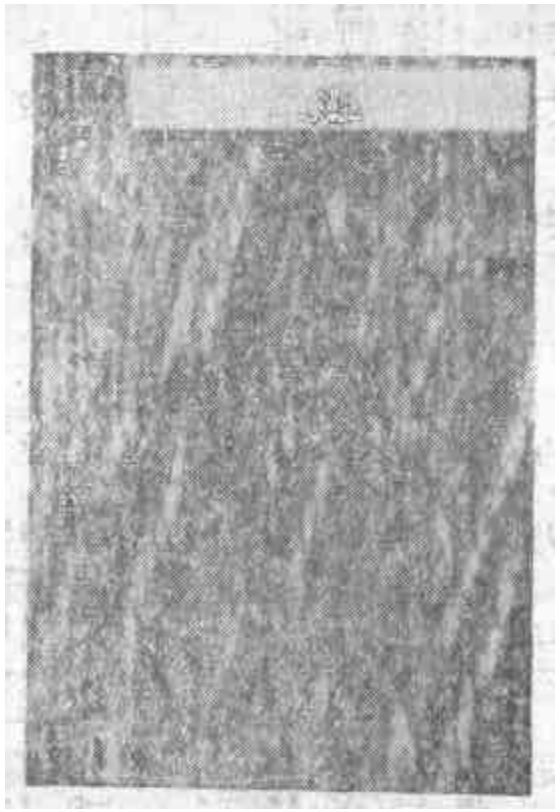


图 6.9 石英岩中的间隔劈理
在最厚的沉积薄层中，劈理的间距最宽



图 6.10 密集节理或间隔劈理
（从左上到右下）
其易被误认为钙质复理石岩中的层理。真正的层理构成一个向斜，间隔劈理平行其轴面。视域宽1M



图 6.11 轴面间隔劈理
其方向与低度变质粉砂质大理岩中褶皱了的早期组构里的细褶皱大致协调

作为一个岩石类型名称，而不要象“板岩”和“片岩”那样，当作一个用于所有成分类别的易剥裂岩石的一般粒度类别名称来使用。

6.4 横切岩层的变形组构

当组构横切岩石层带时，组构方向上的有规律变化，概括地称之为折射。岩石的这种层带可以是成分上划分的（如层理），也可以是非成分上划分的变形层或变形带。变形带包括剪切带或膝折带。

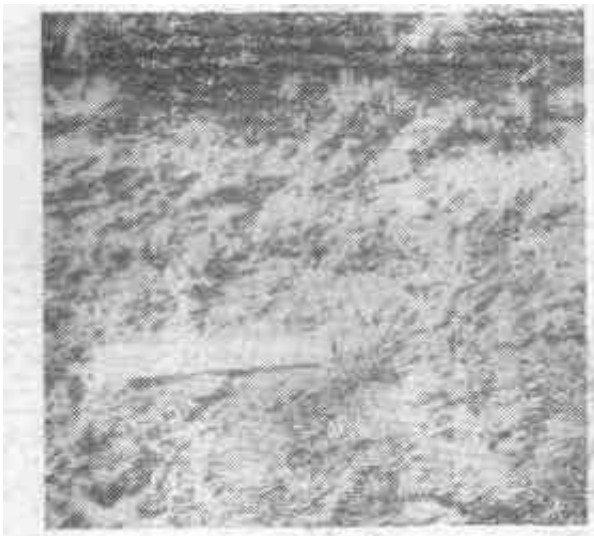


图 6.12 笔式劈理
铅笔状形态是由于一组劈理与某早期组构（本例为早期的地质构造劈理）几乎垂直交切的结果

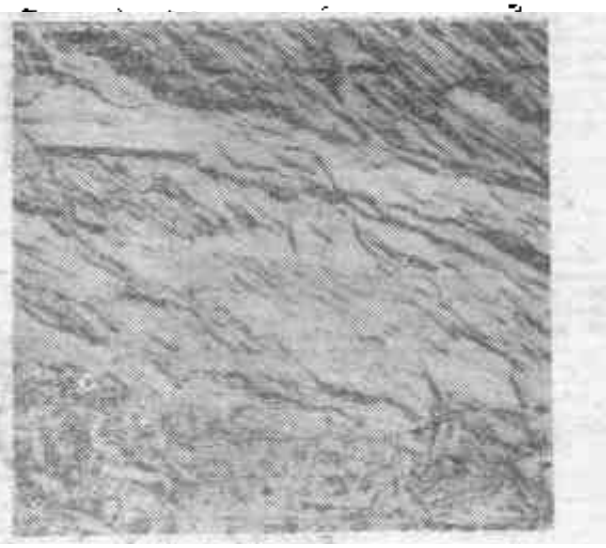


图 6.13 笔式劈理
其破片多少显叶片状。除这里的两组组构不垂直交切外，其余注解如图6.12

6.4.1 反折

当层状岩石变形时，不同成分的层所承受的应变由于各自的力学性质差异而不相等，这就会引起组构生成方向的变化。面状组构基本上垂直切过最硬的岩层。如果组构是造成劈理的原因，组构方向的变化就会导致劈理反折。在一般地判断逆变性、成层性以及分析变形的细粒的粒序层顶底方向



图 6.14 钙质复理石岩中穿过粒序层的劈理反折

在照片下半部能见到劈理明显为轴面劈理。在粒序层底部，劈理突然反折。开始是陡峭的，然后逐渐回复到平缓状态穿过粒序层，显示出岩层为"正常层序"。粒序层厚1.5m

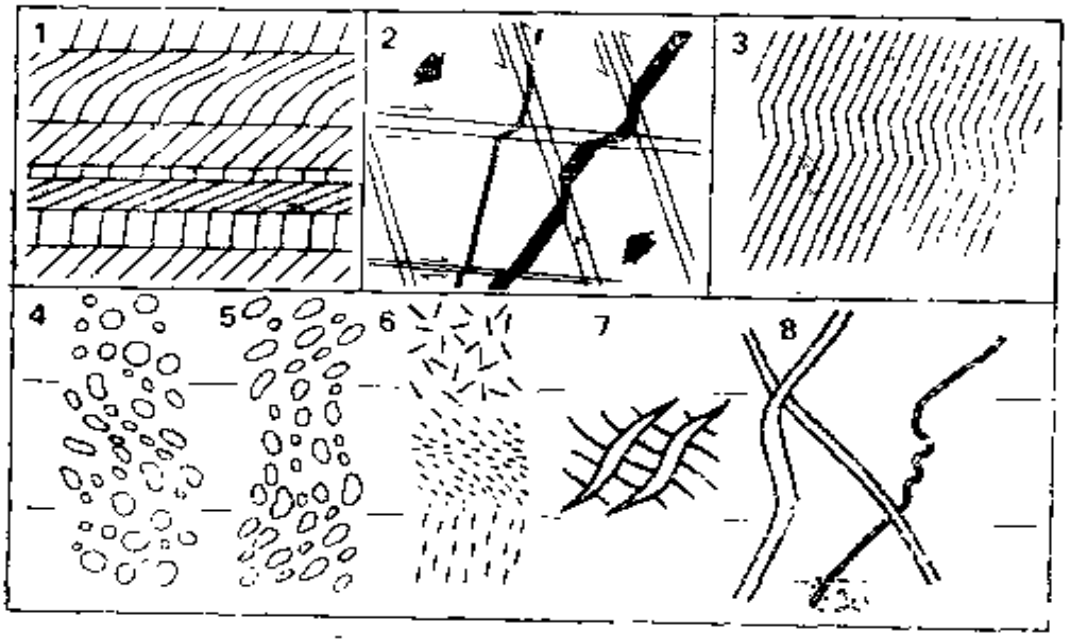


图 6.15 反折，膝折与剪切

上部：1.反折，为一组组构穿过水平岩层，其中一层为粒序层。2.一组共轭剪切带错断黑色层，箭头指出单个剪切带两侧的位移方向及一般的主要截短方向。3.通过轭折带的组构迹线。

下部：左旋剪切通过未破碎的岩石，（从左到右）表现出，4.一组新的形态组构。5.重新定向的形态组构。6.一组新的矿物组构。7.一组间隔劈理（如压溶条纹）被S形张性脉穿切。8.浅色脉的被动褶皱和黑色脉的主动褶皱

等方面，劈理反折很有用处（图6.14和图 6.15）。反折一词通常限于此种用法。

6.4.2 剪切带

剪切带型的变形带界线基本上不受岩层成分的影响，其几何形态也不受早期组构的限制。剪切带中可能见到几种组构的相互关系（图6.15）。早期的形态组构将按照有限的应变方向重新定向。早期的纹层也将重新定向，可能生成新的压溶组构或板状组构。剪切带可以任何规模出现：从次显微状到几公里宽。在剪切带以外，可能仍然有应变现象，只是其研究价值降低了。

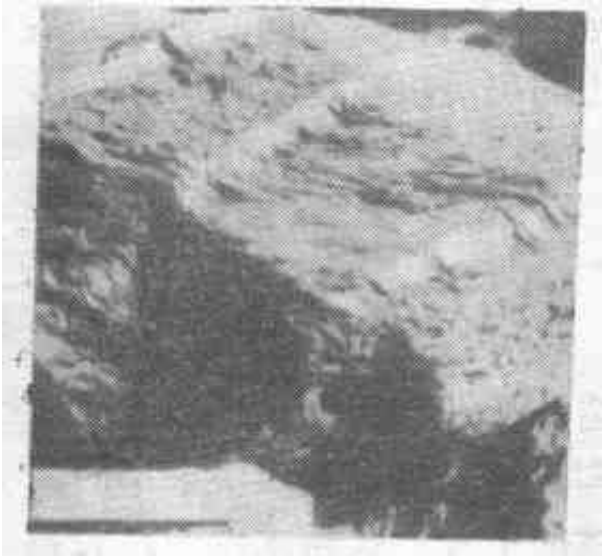


图 6.16 云母片岩中的膝折带

6.4.3 膝折带

膝折带有些类似于剪切带，除了早期组构在膝折带的产生过程中起着积极作用以外。这一点由膝折带以下特征表现出来：组构方向在膝折带边部发生尖锐角度改变，以及膝折带边界与带内组构方向之间和与带外组构方向之间的夹角大致相同（图 6.15 和图 6.16）。

6.4.4 剪切带的意义

对上述反映组构相互关系的任何现象（或者，若这些现象多时，它们当中的典型），包括如脉那样的附加特征（7.4节），都应作素描。

就其变质方向来说，剪切带是最有意义的变形带类型。剪切带代表着岩石的一个变形作用带，带中的矿物组成在变

形作用下发生了连续的变化。这也许是发生在剪切带内的变形强于其相邻岩石时，或者是发生于周围岩石出现变化以后。如果带内和带外的岩石在矿物成分上有差异，则此差异就代表着变质地体的变质过程中所出现的不同变质条件。应当充分描述这种岩石类型上的差别。在早期的较高变质级岩石中或火成岩中出现具低级或中级变质矿物组合的剪切带是常见的。如果许多剪切带具有属同一变质等级的矿物组合，近似的延伸方向和位移方向（或构成一套共轭组，图6.15），则它们是同时产生的。通过剪切带与其它构造之间的穿切关系能确定剪切带及其矿物所反映出的变质级在构造地质演化历史中的地位。

6.5 变形组构与褶皱

6.5.1 一般情况

一致的褶皱型式为分析构造的相互关系提供了基础。因此，变质矿物，它们构成的组构和褶皱这三者当中确实的关系是极重要的。组构与主动褶皱间呈轴面关系或中性点关系证明了两者的生成是同时的。组构发生褶皱或组构横切早期褶皱以及组构不受（除反折外）早期褶皱的影响（图6.17）等现象，表明二者不是同时生成的。然而，非常可能的情况是：不存在一致的褶皱型式或组构型式，或者褶皱纯粹是被动褶皱。被动褶皱在剪切带中局部出现（图6.15），通常多在物理性质上缺乏任何各向异性的一致方位的非均匀变形的岩石地体中出现。一般说来，变质级越高，岩石单位在褶皱变形过程中越被动，就越不可能产生简单的和型式一致的褶皱。在野外，必须弄清组构与地质构造之间是否存在恒定的关系。

6.5.2 轴面关系

“轴面”关系（图6.17及图6.10，6.11和6.14）最常用来说明据认为是同一变形作用期间生成的组构和褶皱间的关系。此术语一直受到批评，因为几乎未见到过组构与褶皱轴面之间有着平行关系。特别是，组构面很少包含了褶皱枢纽，在通过不同力学性质的岩层时，组构也出现扇状展开。因此，“轴面”关系这一名称可能是不确切的。但是，定名的不妥并不有损于这种关系的存在。比起任何褶皱了的东西来，与褶皱同时生成的面状组构的方向更接近于褶皱轴面。因此，如果组构真是轴面组构，那么在褶皱两翼，它会从同一个不对称方向上切过岩层。这一点的实际重要性是（在证实这种现象确定存在的地方）：

1　它证明了把组构的形成和褶皱的形成相互联系是有根据的。

2　岩层/组构方向能用来从较小的构造推断到更大的构造，与从附属褶皱推断主褶皱方法一样。

正是具有这种重要性，才应当使用“轴面”关系这一术语。

6.5.3　中性点

硬岩层的弯曲将使褶皱拱曲部分内侧岩石被压缩短，而褶皱枢纽的外侧岩石被拉长，即使总的效果是岩层的整体上压缩。只有在岩层内的“中性点”和“中性面”之间，面状组构才近于平行岩层而不是平行于褶皱轴面（图6.17）。与褶皱呈此种关系的劈理和矿物组构是特别有力的证据，它证明了褶皱与组构生成的同时性，也证明了这些组构大致平行这种扁平的局部平面的事实。在野外，重要的是要识别二者之间的这种关系，以便：

1　证明褶皱与组构是同期生成的，从而可以将二者相

互联系起来分析。

2　将同时期生成的褶皱与早期组构围绕褶皱枢纽发生褶皱而产生的相似的几何图形区别开（图6.17）。

6.5.4　叠加褶皱和组构

晚于褶皱生成的面状组构会叠加于早已形成的褶皱形态之上，并容易在岩石出现韧性差异之处发生正常的反折和扇状展开。可以想象，如果两期变形的应变方向近于一致，这就可能产生又一个轴面关系（对早期褶皱）。如果潜在的新组构方向稍有偏离现存组构的方向，则通常早期组构重新生长定向，而不是生成新的组构。这样，两期变形能够只生成一组平行一个世代的褶皱轴面的组构。结果是，既不能得到组构的证据，也不能得到褶皱的证据去区分两期变形。更不可能出现这类情况：明显是新生组构，却平行早期褶皱的轴面。但在图6.17所示的那些情况中，这些在几何形态上是能分辨的。构成两个组构世代的矿物在方向上一致，而在变质级上不同的情况表示可能存在变质作用的差异。除了这些不常见的一致现象外，晚于褶皱生成的组构将显示出与褶皱的交切关系。

6.5.5　唯同类的相似关系

当利用组构和褶皱二者间关系时，重要的只是同类之间的联系。对于组构而言，这意味着不应把属于特定变形期的矿物组构同反映了在所有变形期中积累起来的有限应力的形态组构相互联系起来考虑。如果构成不同组构的矿物在变质级上很不相同，就不应该根据方向把不同的组构联系起来。

对于褶皱而言，重要的是要认识褶皱的定向方位，其只有与那些赋存有同一应力方向显示出褶皱前具有相同的各向异性方位的岩石地体上的褶皱定向方位是一致的，特别是，

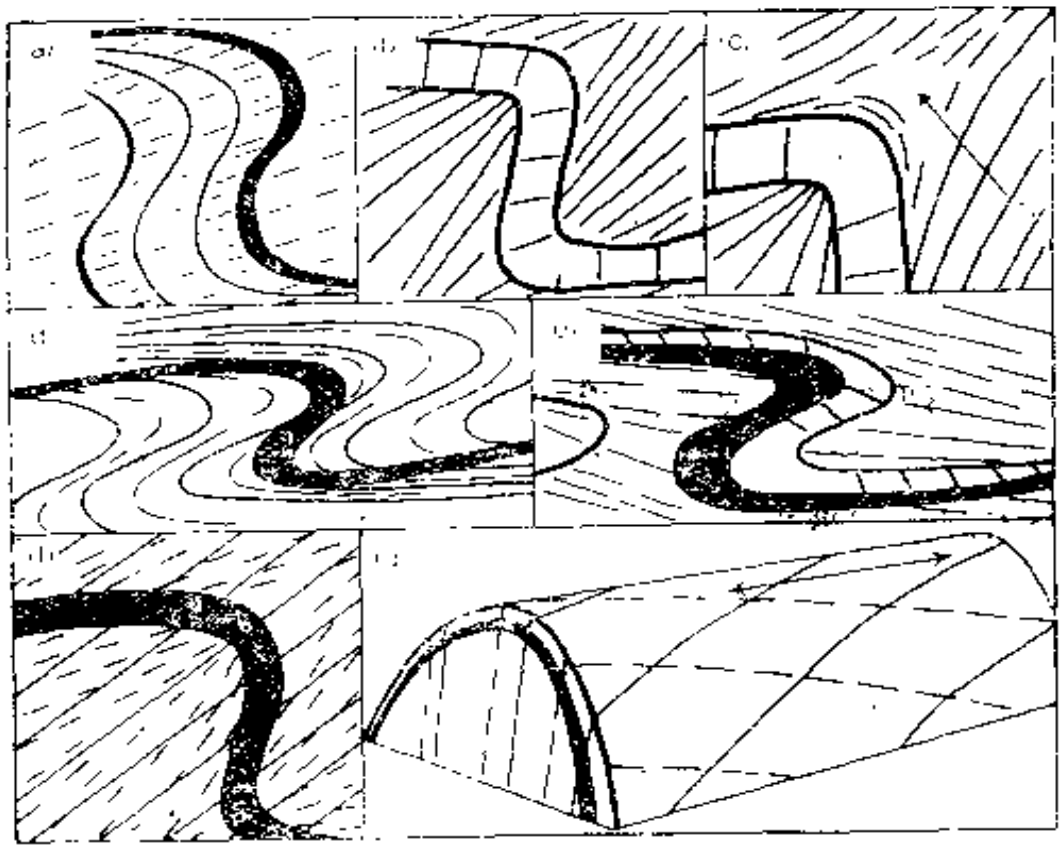


图 6.17　剖面图上的组构/褶皱关系

细线代表组构迹线。(a)轴面组构。(b)扇形的轴面组构。(c)中性点(N)。(d)早于褶皱生成的组构 (e)晚于褶皱生成的组构，显示出反折现象 (一种可能的形态)。(f)叠加的轴面组构，可根据扇状展开的角度来区分。很少见。(g)叠加的轴面组构，可根据岩层面上的发散方向来区别，但剖面上不能区别。罕见。箭头可指为枢纽方向

一些褶皱可以由脉或侵入体弯曲而形成。另一些可由岩石层带弯曲而形成。还有一些可以由早期组构发生弯曲而生成。这些褶皱都能具有大致相同的轴面定向方位和轴面组构，但它们可能在褶皱不对称性、指向层带的方向和枢纽方向等方面不相同。因此，它们都不能互相联系起来用以确定更大的构造。尤其是脉，在褶皱方向方面，它比组构层带更不可靠。应当记录那些在形成褶皱方面象是起了积极作用的特征，以及那些象是产生被动褶皱的特征。

第 7 章　分散的实体：透镜体、石香肠、眼球体、假象、脉和伟晶岩

本章研究的对象是那些可能出现于变质岩中的地质体。头两节涉及在已变形岩石中的透镜状或扁豆状物体；7.1 节讨论不同岩石类型中的透镜体，7.2节讨论矿物单个的大颗粒，眼球体等。7.3节讨论假象——具有某矿物单个颗粒的形状而是由一种或几种其它矿物组成的斑块。7.4节讨论最广义的“脉”，并有意不区分已知火成来源的脉(如伟晶岩)和未知来源的成非火成来源的脉。

7.1　石香肠和剪切透镜体

在变质并变形的建造内，可能出现变形程度比其周围物质小得多的块体或板片（图7.1）。如果它是被石香肠构造或剪切带破坏，从而成为虽不连续但尚可辨认的层或侵入体，则可将它作为其主岩建造的一部分来描述；仍然要注意记录它的边缘和反应特征，如以下所述。如果它是孤立地或分散地出现，则应对其分别研究。

1　岩石成分是否表明这些物质来源与主岩大不相同——来自建造的其余部分，或来自变质前原岩的某部分，例如变质沉积岩中的火成侵入体（比较成分类别，10.1节）？

2　这类变形程度较小的物体的产出位置和形状是否暗了它们的原始组成决定了它们比其周围物质更坚硬？或者这种变形程度的不同是因局部地质构造在性质相似的岩石上造

成了大小不同的局部应力场?石香肠或被拉断的块体(图7.2)是硬岩层的典型例子。剪切透镜体（与强剪切应变带相邻的团块）的形成则不需要其有比相邻的同成分岩石更硬的岩性，但通常是部分与较软的另一种成分岩石相邻，部分与同种成分岩石中的剪切带相邻（图7.3)。对相似成分的岩石来说，比起褶皱翼部来，褶皱的枢纽带通常是个弱应变区。

3　同种矿物和相似的结构是否同时出现在变形较弱的团块和变形强的基质中（这种情况表明，影响岩石矿物构成的作用还继续在整个变形不同的区域存在）？是否变形稍弱的团块的矿物构成与基质的相同，只是在变形期间，基质内的被破坏，而团块中的作为残余保留了下来?



图 7.1　未变形的透镜体
长1.5m，四周被变形岩石的叶理所包裹

在野外，对于变形较弱块体的记录，首先应该包括对以上这些问题的回答，以及对块体形状，贯穿块体及其附近的任何层带和组构痕迹的素描（图7.3—7.5)。如果出现不止



图 7.2 浅色、较塑性的大理岩中的深色硬岩层被拉断成一个个团块（安德鲁西亚）



图 7.3 剪切透镜体
其左上和右下两个边与其它成分的岩石相邻，透镜体中的层带延伸进入了位于其另外两个边上的剪切接触带中。透镜体宽35cm

一个的相同类型的块体，则应记录它们之间是否有一致的联系，尤其是组构、层带与剪切透镜体边界之间角度相交“方向”上的联系（图7.3）。

接下来应记录这种变形较弱的岩石块体是否显示出了一个新的、迄今尚未描述记录过的岩石成分、结构、组构（图7.4）或小构造组存在的证据。如果这些显示出存在一个早期变质级，或一个早期构造事件，则它们可在确立地体地质历史方面起很大的作用。

最后，块体边缘上的现象应充分地描述（图7.5和7.6）。



图 7.4 保留有早期粗粒石英组构及其定向方位的透镜体
其周围是强变形的，具有新组构的细粒片麻岩

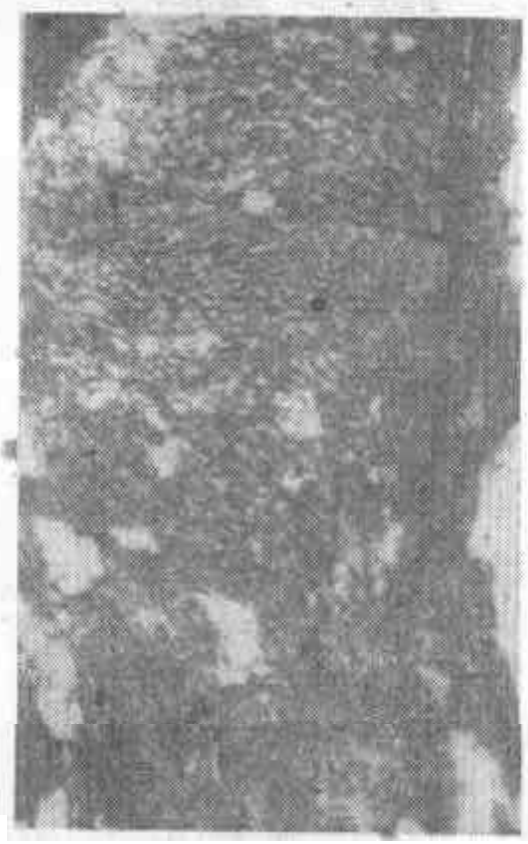


图 7.5 透镜体中的组构（集合体形态组构）逐渐伸入变形更强的周围物质中
深色、糜棱质强变形带与透镜体右边相邻，其余描述如图7.4视域，30×50cm²

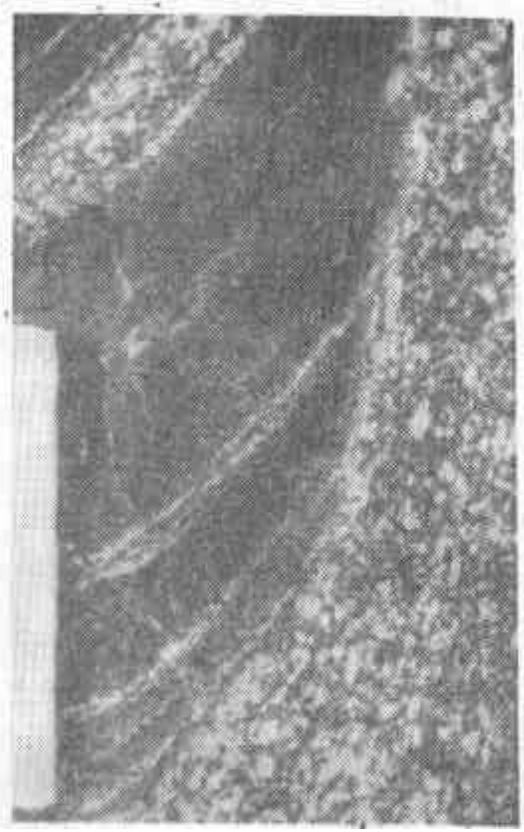


图 7.6 剪切透镜体边缘
细粒角闪岩中的层带发生剪切的边缘仍然存留，但被粗粒含石英的角闪岩截断。后者还作为它种成分层带（左上）存在于透镜体中

某些块体可能被反应带包围（8.2节）。块体中的层带可能延伸到基质中，也可能被基质截断。有时，一些层带能伸入基质而另一些则不能（图7.6）。这可能反映了岩石力学性质上的差异，可能是与反应带邻接的层带在压力下变薄，最后薄到层带消失，反是反应带存在于高度变形的基质中的结果。

7.2 眼球体、压扁条带和矿物大颗粒

7.2.1 眼球体

眼球体是一种明显的他种成分的斑块，每个眼球原来（大多数情况）都是单个的颗粒——一个晶体或一个小碎块，而现在具有“眼睛”的形状出现在岩石上面。眼球体中有一近似等轴的核，被变形的矿物集合体所包裹（或带有这种集合体的尾巴）。变形的矿物集合体虽然已具有条纹，但从成分来看仍然是这种斑块的组成部分。核部可以是一个单个的晶体，可能为核斑块原始构成颗粒的残留物。包裹核的可以是同种矿物，也可是具有相似化学成分的新矿物。从三维空间上看，斑块整体上可具纺锤状、铁饼状，或介于二者之间的某种形态。因为核可能保留有早期构造特征和早期矿物的定向方位，被在后来的变形过程中生成的物质所包裹，故眼球体有时可用于分析简单构造和变质岩历史的相互关系。纵然作不到这点，它们仍可提供关于早期构造与晚期构造之间关系的证据。如常在片麻状变质花岗岩这类岩石中所见（在这类岩石中，其它的此类信息几乎不存在了）。

7.2.2 有关术语

在火成岩中，粒度明显地大于基质粒度的分散状矿物颗粒称为斑晶。在变质岩中，分散状矿物的颗粒生长到粒度大于基质颗粒粒度时，就称此为变斑晶。似透镜状、纺锤状或铁

饼状的，断面上两端逐渐尖缩的它种成分斑块被称为“压扁条带”（条带状）或“眼球体”（眼状）。眼球体是由变形作用造成的，围绕较厚的中心的尖灭边缘是应力局部集中于此的结果。如果受力弱的核部与受力强的边缘之间厚度差别不很明显，它就具有较薄的“压扁条带”的形态（图2.4和图7.8）。眼球体或压扁条带原先或是一些不常见的大颗粒（岩屑、斑晶或变斑晶），或是一些粒度与其它矿物相同的颗粒，在变形作用和变质作用发生时才开始变大。如果变质作用是矿物粒度减小的主要原因，则残存的大晶体没有专门的名字；如果变形作用是粒度减小的主要原因，那么残存的、不太脆性的较大颗粒就称为“碎斑”（图9.1）。当这两种作用明显地同时存在时（通常如此），则一般不用碎斑一词。

围绕颗粒的压力影成分分异作用，使颗粒具有“时”或“尾巴”，从而使其整个形态类似于眼球体。跟眼球体不同的是，构成压力影的物质在成分上，通常与其较硬的等轴状核不同。纤维状或胡须状的新生物质，既可出现在压力影内也可出现在眼球体末端，即令严格平行的条纹被局限在压力影之内（图7.9）。

7.2.3 问题

在野外，对于这里讨论的对象的形状、定向方位和它们在岩石其它颗粒中的分布特征应当已作了素描（第5章和第6章）。

现在的任务是：

1 核对素描图注解表达的所有有用的信息。

2 专门列出对这里讨论对象的成因和变质级所作的任何推论，并说明它们之间的方向关系是局部一致呢，还是区域上一致。（这些都是与其它的野外证据有关的内容。）



图 7.7 片麻状变质花岗岩中的钾长石眼球体



图 7.8 变质辉长岩中的压扁条带

由火成辉石变来的阳起石组成深色的压扁条带和由火成斜长石变化后组成的浅色压扁条带构成一组从左上到右下排布的变形组构。组构与火成岩的粒度层带斜交

下面列出的问题表明所需的资料。

这种形状是未变形的矿物颗粒的形状呢，还是变形作用的产物？若是后者，那么，具有此形状的物体是(1) 韧性变形的单个颗粒？(2) 被拉断、破碎的单个颗粒？(3) 那些带有尖尾巴的类型之一？如果答案是最后一个，那么，它们是一种矿物的压扁条带？或者它们有分离的、硬核和变形的边缘和尾巴？

如为孤立的颗粒或未破碎的硬核，这颗粒是变质成因的，

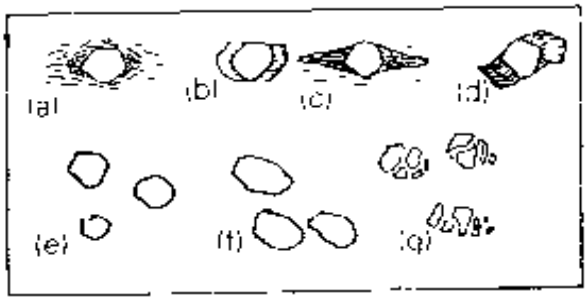


图 7.9 压力影、条纹和颗粒形状的野外素描（都以石榴石为例）

(a)云母片岩中的石英压力影。(b)压力条纹，成平行的纤维状（角闪石）。(c)胡须状压力影或条纹。(d)发生流纽的压力条纹。(e)正常的等轴状颗粒。(f)稍微拉长的颗粒，使颗粒具有形态组构特征。(g)破碎的和被拉断的颗粒

还是变质前存在的？若是变质成因的，它与岩石的其余部分都是同一变质级吗？

如果是具有硬核的变形斑块，这核是单个颗粒，还是早期单个颗粒的碎片？其尾巴是粒状的还是须状的？尾巴部分的矿物组成是类似于核的，还是与核大不相同的？这种尾巴是由产出于小脉附近的矿物所组成的吗？核和尾巴是否具有相似的变质级？

可看到小颗粒的包体吗？如能看见，那么它们是显示出单个颗粒的定向方向（组构）呢，还是显示出集中于特定的薄层中（纹层）？这种定向性是：

1 按主体颗粒的结晶学方向排列定向？

2 被后生的主体颗粒所具有的组构或纹层？

如果是后者，那么在主体颗粒的边部，包体的排布方向有变化吗？在颗粒边的这种变化是方向的突然扭折，还是逐渐的弯曲，或者两者都有？颗粒是“滚动的”吗？

要是颗粒或构成眼球体核部的矿物有任何一种明显的不等轴形状，那么，这种形状颗粒的排布有一致的定向方位，

或与基质中的方向参照物（如组构成单层）有一致的角度变化吗？如果是这样，那么，颗粒的定向方位，组构和（适当厚度的）单层的方向以及不对称性方向是什么？这种形式在一个露头上，在一组露头上或在建造的规模上是恒定吗？不对称性的方向在主要褶皱两侧有变化吗？

7.3 假象

假象证实了两个以矿物学确定的地质期（幕）之间的时间关系。早期矿物在一个时期生成，到另一时期，后期矿物取代了它而具有其假象。因此，在确定地质历史方面，假象有重要意义。要区分开两期生成的，具有相似组成的两种矿物可能非常复杂。因此，这方面工作应该最后进行。

7.3.1 早期矿物和结构的证据

结构　结构的证据常用于确定被假象交代的矿物在岩石历史中的存在阶段。在变质的深成岩中，最早的结构是火成成因的。假象可能是这种结构的组成部分？如果答案是肯定的，则被假象交代的矿物是火成成因的（图7.11和图8.2）。

在粗粒变质岩中，最后的结构是现存矿物组合的结构。假象是现存变质结构的组成部分吗（图7.10）？若是这样，则假象交代作用晚于现存矿物组合发生，并可能是退变质交代作用。在这种情况下，被交代的早期矿物是与现在所看到的其它矿物稳定共生的，而交代它的矿物可能不能与它们保持稳定的平衡共生，虽然看不到其与它们有明显的交代现象。

这些都是简单的情况，即根据对矿物组合其余部分的认识，把对可能的被假象交代矿物的猜测缩小到相当有限的范围。在其它情况下，对变质历史早期阶段的分析可能不得不根据可能的矿物、成脉作用、变形作用及变质级来考虑。

斑晶还是变斑晶？这是对在其它方面均质的、细粒的变质火成岩中出现的假象大颗粒作鉴定时会遇到的一个普遍的问题。如果其产出位置、粒度分布、定向性或变形状态都肯定地证明了它们，则此问题就不存在。这种例子有：

1　沿着小断裂面或节理，假象有变大或集中的现象（图7.12）。

2　未变形的假象反映出了变形组构方向（图7.13）。

3　假象生长超出了原来组构的界限。

4　假象除了出现子主岩中外，还出现在热液脉中。

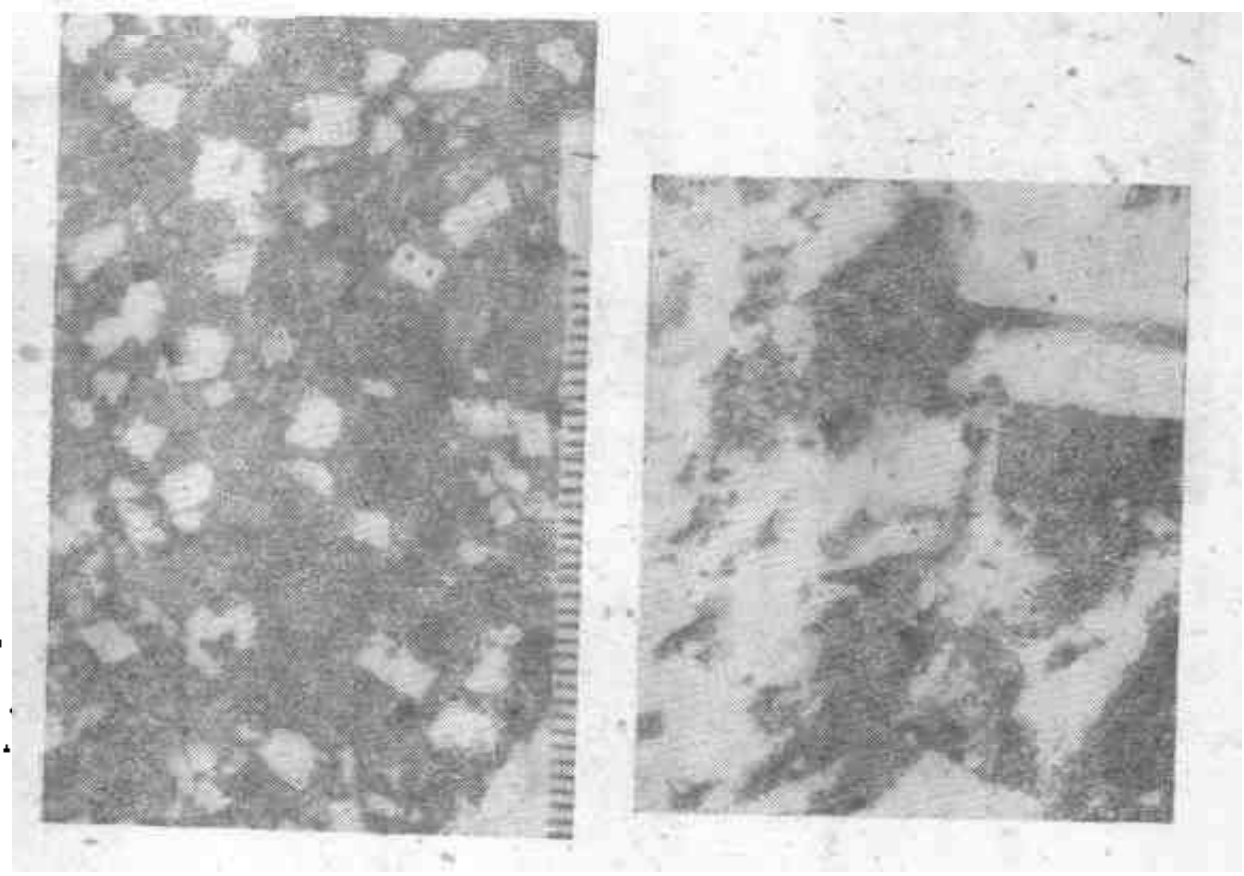


图 7.10　假象（黝帘石具硬柱石假象）
注意每个假象都是颗粒集合体，这既与单纯的单个颗粒不同，又与含有包体的单个颗粒（如图5.4）不同

图 7.11　放射状普通角闪石晶体交代了辉长岩中的火成辉石（在具完善解理和双晶的新鲜斜长石之间
视域4×5cm

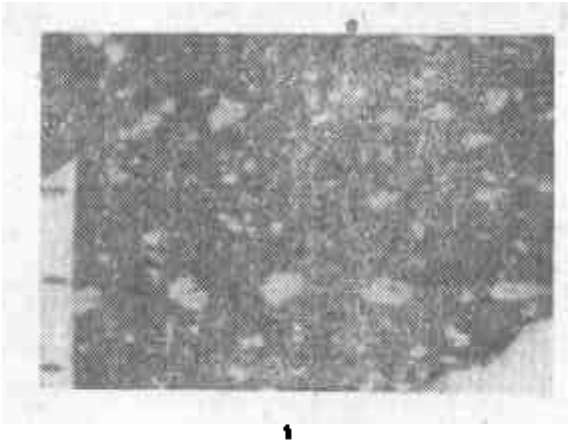


图 7.12 沿裂隙（已愈合）生长得较大的矿物晶体
矿物已被交代成为假象。比例尺为厘米



图 7.13 变形岩石中作为变质组构组成部分的假象。
视域：6×10cm

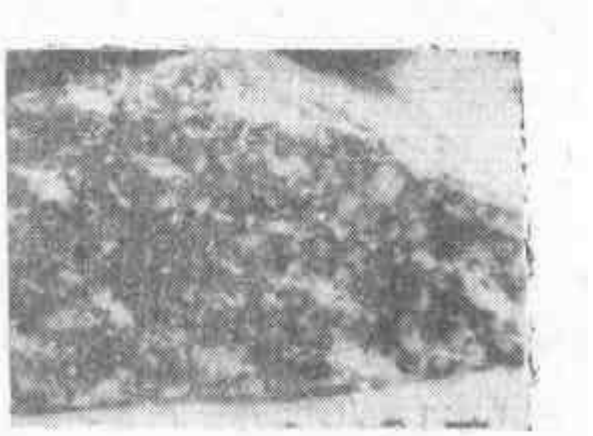


图 7.14 假象的假象
较大的白色斑块（曾是火成斜长石）破碎成菱形短带（曾是早期变质硬柱石），现在每个短带都是后期变质黝帘石的集合体。比例尺为厘米

所有这些例子表明，岩石在火成作用后的演化阶段是先于早期矿物出现，或是与早期矿物同时的。因此，这些例子中的早期矿物是变质成因的。如果颗粒的产出位置、粒度分布和定向性可用火成成因来解释，则其成因就难以确定了。火成矿物在（举三个例）辉长岩的一些堆积层，枕状熔岩的枕状边缘或平行于岩墙的围岩的流动面内常常发育得比其它部位更好。这些地方都是变质矿物可能的优先生长位置。在这类情况中，通常必须依赖假象的形状，加上对火成岩矿物成分的知识，才能鉴定早期矿物（图7.14）。

7.3.2 关于变质历史的问题

如果被假象交代的矿物是在岩石变质期间生成的，则可以根据结构和组构来最后确定其形成时间，不需要知道此矿物是什么矿物。

假象是晚于变形组构还是晚于脉生成的？

假象中有包体吗？能鉴定出包体是何矿物吗？

假象的变形程度低于其主岩吗？

这些假象变形了吗？它们反映某种组构吗？

假象是沿脉、接触带或断层集中出现的吗？

假象出现在反应带中吗？

是否有可能确定假象交代（即后期交代）矿物的变质级？

如果能见到包体，那么包体与主体——假象——是什么关系（如7.2.3节）？

7.3.3 假象的鉴定

许多假象矿物有着同被其交代的矿物非常相近的化学成分。就是说，假象化过程包含了与其主岩最低限度的反应，而且一般是变质级改变的结果。于是，成分上的相似性就能

作为确定交代或被交代矿物的证据。表7.1列出常见假象矿物资料。这类证据不适用于反应带或硅质岩与其它岩石类型之间的接触带。这些地方的假象化作用通常需要破坏原先的化学分配而产生新的化学分配。

7.3.4 反应作用与带状假象

如果假象内或其主岩边部存在明显的成分分带，那么应仔细画出整个现象，并且（尽可能地）用矿物名称注释说明。如果围绕核心的、明显由不同成分物质构成的边缘占了整个假象的四分之一以上，则不能依靠成分来鉴定假象。（由于其位置或特征的形态，假象仍是很明显的。）带的或因不应在野外作出解释：因为有很多种可能性。

7.4 脉与伟晶岩

脉和各种各样的小型侵入体（本章统称之为脉）可能只



图 7.15 脉

方解石大理岩中，早期的方解石脉发生褶皱，并被后期脉穿截。视域 7×9cm

表 7.1 常见的假象矿物

被交代矿物	常见交代作用（最常见的用斜体字）❶	较少见的交代作用
斜长石 绿帘石 沸　石 （葡萄石） （硬柱石）	绿帘石族 斜 长 石 沸　　石 （有时＋钠长石，或白云母）	硬柱石 绿纤石 葡萄石 （蛇纹岩中水钙铝榴石）
橄榄石	蛇纹石	滑　石 绿泥石
辉　石	角闪石 绿泥石	
角闪石 石榴石	绿泥石 角闪石	黑云母
黑云母	绿 泥 石	绿泥石＋绢云母
蓝晶石 红柱石 矽线石	绢 云 母 白 云 母	蓝晶石 红柱石 矽线石
长石　（K或Na） 黄　　玉	—	白云母 绢云母
十 字 石 堇 青 石 硬绿泥石	绿泥石＋白云母 绿泥石＋绢云母 黑云母＋白云母	绿泥石
方镁石	水 镁 石	
蓝色角闪石 硬玉质辉石	纤维状绿色或灰-绿色角闪石集合体	

❶原文：（最常见的用斜体字），译文改用黑点标记。

占岩石单位的一小部分，而且可能有外部来源，但它们能包含丰富的有用信息。其物质可能：

1　全部来自周围岩石。

2　全部沿断裂从很远地方运移而来。

3　是外来溶液与本地局部主岩发生反应，并在结晶以前发生了物质的部分交换并达到平衡的产物。

这些成因在野外可能无法区别。也可能弄不清楚固态物质是否从水溶液（或其它非硅酸盐溶液）中晶出，或者脉是否为熔体结晶的产物（尤其是，如果它已遭受过后期的变形作用）。对变质地体的描述必须记录脉的特征，但要避免作任何解释。

7.4.1 脉的型式

脉通常都集中在某些层带中，因而可利用它来区别岩带、变形带（6.4节）、递变现象和剪切方向。硬岩带受拉伸就能在其断裂处造成横切脉。这些脉最初是与岩层呈大角度相交的，但以后可能发生变形。这些脉可能集中出现在不连续的带（图7.16）、递变带（图7.17）和层状岩石中的另一些难以确定的层（图4.5）中。

在剪切带中，张性脉沿与剪切带边界呈45°交角的方向发育，从而呈雁行式排列（图6.15和7.22）。这种排列集中出现于剪切带，在那里它们可能被忽视，尤其是在应变程度很低时。有时剪切带是带状岩石中一个低于平均强度的岩带。根据脉的方位和对岩石应变程度的比较应当可以把拉伸延展的硬岩层和出现剪裂的软岩层区别开。另一些时候，剪切带不与岩带一致，而是成为共轭剪切组（图7.18）。这种剪切带经常局部切过更硬的岩层。剪切带中单脉的长宽比可能变化极大，可以是直的或S形的（图7.18和7.19）。它们近



图 7.16 钙质板岩中，横切脉集中产在一个单层中
（其它层不明显）

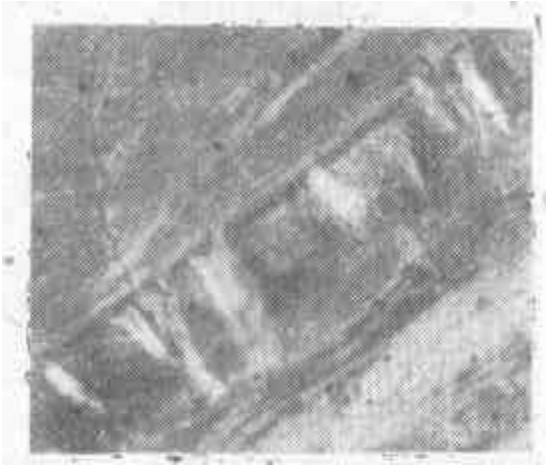


图 7.17 横切脉
在图7.16处附近。脉局限于岩层上半部，并全部接近岩层顶表面，表明岩层为粒序层，并发生了倒转。岩层宽：10cm

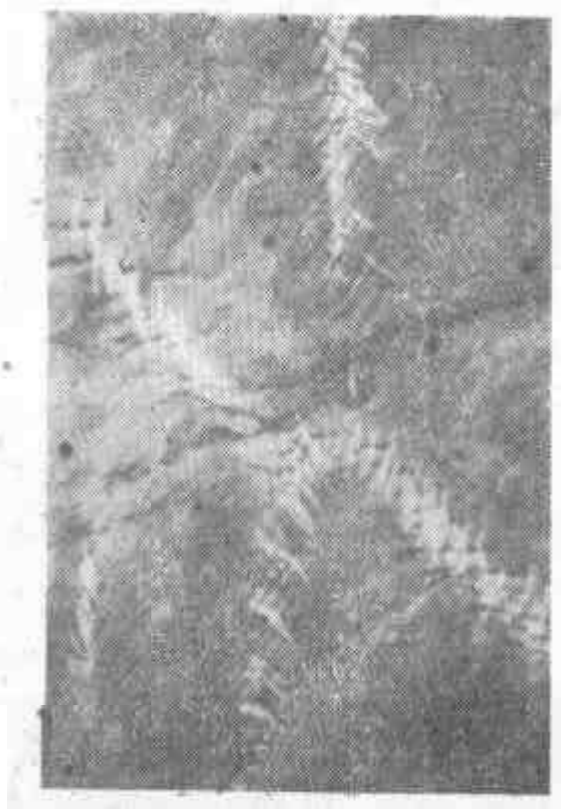


图 7.18 砂岩中的剪切带
具雁行状排列的张性脉和雁行状排列的深色压溶条纹。共轭组在近于垂直方向上变短。视域：60×90cm
（S.W.戴菲德，威尔士）

于垂直任何局部的剪切带组构，其方向与剪切方向相反（图7.18）。剪切带中的脉能以任何规模出现——从显微状到数百米宽。

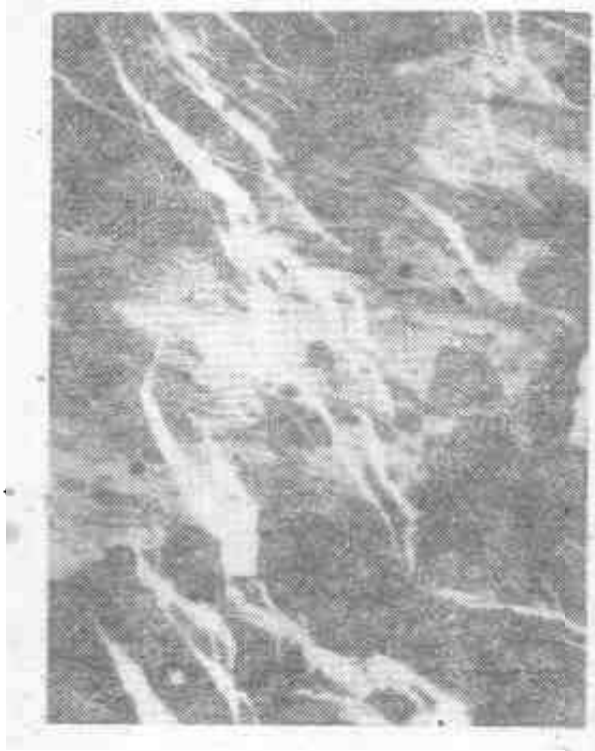


图 7.19 不规则雁行状脉
剪切方向近于直立，左旋位移，视域：17×25cm



图 7.20 板岩中，膝折带生成同时伴有成脉过程
直立的膝折带中的劈理是水平的。在别处，劈理方向是从右上到左下，一条从左经过中心到右边的脉斜交劈理。脉上边一点，右旋位移方向沿着支脉而不是膝折带延伸。在别处，沿着膝折带，构成脉的白色物质在各处成条纹出现——在发生了膝折的薄层之间，也在膝折带的边界上（顶部）。视域：15×25cm

7.4.2 脉的形状、方位和纹理

错断成为阶梯状的席状脉或侵入体，必然是图7.21所示

的四种类型之一。在脉梢所看到的、具有一定偏离角的展开形状（图7.22）和由显微细脉放射枝状排列成的脉常常只能在风化面上观察到（见图2.3）。假如裂隙延伸方向近于平行露头面，则脉的两个相对边缘上凹凸不平处可以吻合的现象显示出了裂隙的区域方向。在脉穿切岩带处，岩石表面上可能见到岩层迹线在脉的另一侧的延伸方向，但这需要多观察、记录几个露头，以找到真正的裂隙方向（在其它地方还会见到矛盾的现象）。

脉的形状可能受到成脉后变形作用的控制，尤其是，在形成褶皱（6.5节）和石香肠构造的过程中，脉可以是活动性因素。在应变强烈的地方，脉可能变得难以辨认，而且变得同其它岩性单位一致。这样，就在岩石中形成层带和纹理组构。对于中等变形阶段中的、暗示着这种可能性的现象应当记录。

变形期间续续发育的脉，假使它们颗粒的连续拉伸使脉变宽的话，可以根据其形状与其组成矿物的颗粒形状之间的关系来表示。

1　连续的脉纹理可以连接原接触面相对两边缘上的点。

2　如果拉伸方向在脉的发展中发生了变化，则这将会由弯曲的纹理反映出来，不管纹理是同心弯曲还是非同心弯曲（图7.22(h)），

3 原始长度有限的横切脉可沿岩带方向横向延展，延展的长度最后可能比它初始长度要长得多，出现于脉中的纹理能够表明：脉是沿其走向延展呢，还是垂直其走向作横向延展（图7.22(g)）。

纤维状或须状的压力影或压力条纹（图7.9)是这些现象

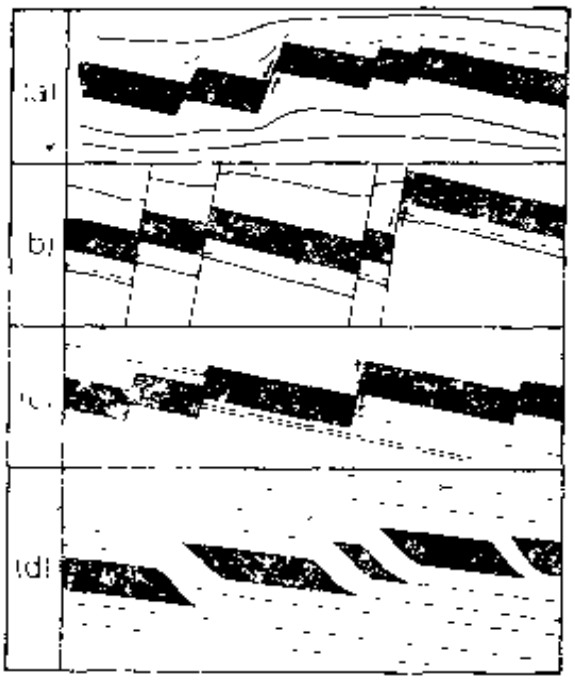


图 7.21 侵入岩席的阶梯状错断（黑色；图中将其图解成为与主岩层带局部平行）

（a）侵入后成为驱岩层作斜向延伸。岩席的主动断裂，是由主岩的塑性流动造成的。(b)侵入以后，岩席及主岩发生被动断裂。(c)岩席的转换型错断（错断开始于侵入初起时），岩席在更大规模上斜交主岩层带侵入。(d)分离岩席断块的主岩桥。岩席斜交主岩层带或组构侵入，在桥尖灭处，断块在三度空间上连接起来

的小型化（7.2节）。

7.4.3 对脉的记录

在野外，首先要记录如上述或图示的特征相类似的现象，即：

1 脉的型式，此种型式的定向方位、它的大小和它表示着什么。

2 单个脉的形状、空间取向和定向方位。

3 裂隙方向，确定类型的证据。

做这项工作的最好办法是有注释的素描。

对构造复杂的岩石，可试着回答以下问题：

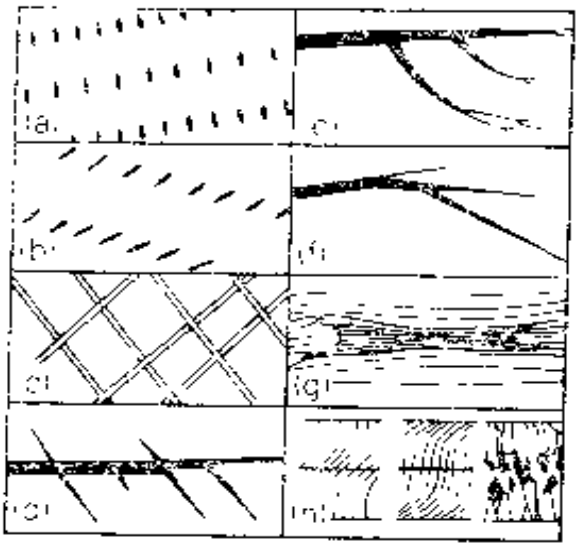


图 7.22 脉的型式、形状及组成要素

(a) 走向垂直其所处岩带的张性脉，岩带已被拉长。(b)沿剪切带发育的雁行状张性脉。(c)侵入共轭剪切断裂的脉，断裂的形成可能早些。(d) 沿着主岩的构造或织构方向发育分枝脉。(e)脉在其尖灭端展开。(f) 张性脉连续派生的分枝造成脉的延展方向发生旋转。(g)脉纹理(中部) 沿脉的长度方向发育——平行劈理（由脉周围的线条表示)。(横切脉横向延伸的长度比脉的原始长度大得多。) (h)同心弯曲纹理(左) 和非同心弯曲纹理（中）显示了延伸方向的旋转。不同的矿物世代（右）

这些脉褶皱了吗（图7.15)？

脉是切过褶皱，还是位于褶皱构造内的某个地点或方向上，从而表明褶皱为早期形成的？

脉和层带互相斜交吗？两者都褶皱了吗？如果是，那么，哪一个是褶皱产生的积极因素？

沿脉有剪切现象吗？若有，那么，有证据说明是否剪切的产生是因为脉的存在，或是否剪切带决定着脉的产出位置？

应变是集中出现在脉的一侧，还是在两侧对称出现？脉中及其外部的变形组构一致吗？(把反折考虑进去。由于脉

与主岩的不同力学强度，反折几乎一定会出现.)？

脉与变形之间存在更为复杂的几何关系，例如图7.23所示吗？

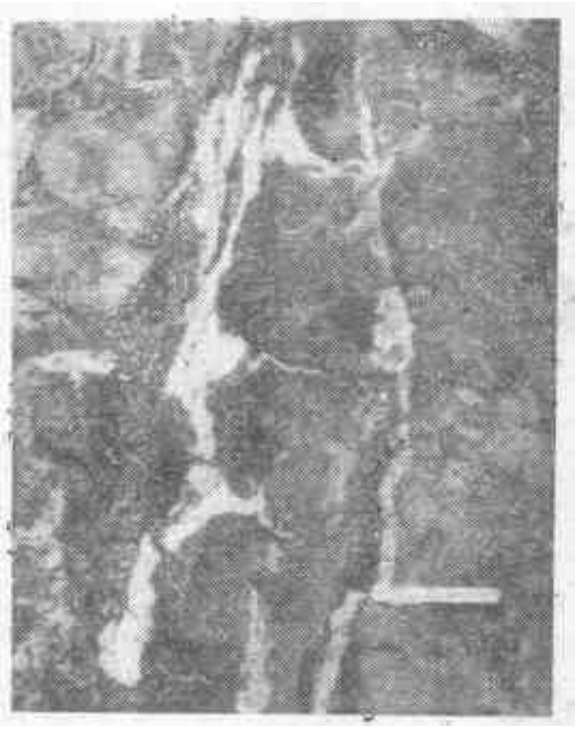


图 7.23　板岩中一个复杂脉的型式

它起因于连续的变形作用以及和变形同时发生的、脉沿岩性接触带的优选生长

然后，对脉内的矿物颗粒形状和结构的典型画一素描。这些可能是晶簇状、纤维状、梳状构造等，但不应只用这类简单词来表达其特征。用矿物的名称对素描加以注释（若未鉴定出来，就作简练的描述），然后回答关于脉中矿物及其主岩的另一些问题：

各种矿物的含量是多少？

能在主岩中发现相同的矿物吗？

矿物的含量：

1　从脉中部到边部，是逐渐变化的，周期性变化的，还是分段变化的？

2　沿脉有变化吗？若有，这显示出与局部的主岩类型有着相关性吗？

3　变化型式呈现出几个略显交切关系的层带，从而代表着有几个成脉期吗？

脉中存在可能一度也在主岩中出现过的早期矿物（或残余）吗？（画出形状。）

脉中有在主岩中只作为斑块状的后期生长物出现的矿物吗？

脉中或沿其边缘是否富集可能具有地球化学或经济意义的副矿物？

邻近脉的主岩发生了变化吗？若有：

1　随着向脉靠近，岩石的矿物含量显示出逐渐的或连续突然的变化，表明两者发生了化学反应吗？（见图7.24）如果是，那么，在主岩一侧，能看出什么变化？脉的边部有互补变化的证据吗？有没有独立的新生物质反应带把脉与主岩隔开？（见第8章）

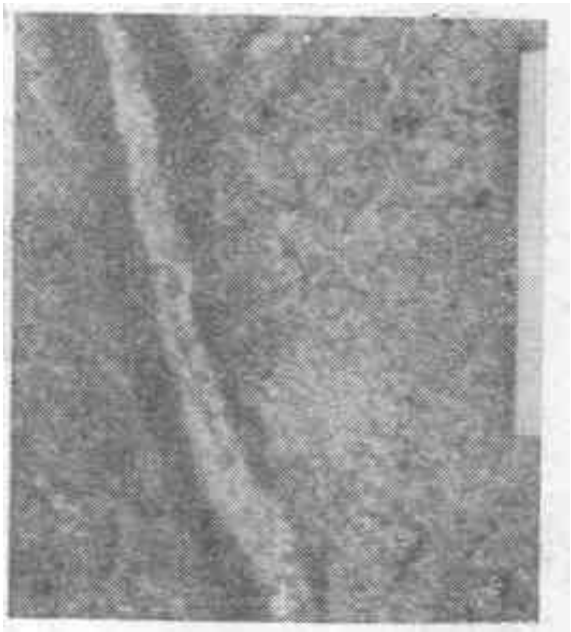


图 7.24　主岩（钙-硅酸盐片岩）的边缘由于与变质前期的脉反应而变为深色

2　主岩边部出现不同变质级的矿物组合吗？（见10.1节）例如，在角闪岩或其它基性主岩中，由绿片岩矿物组成的脉可能被镶上绿片岩矿物组成的边（图7.25）。这种变化通常为水化和退变质过程。

3　如果只是一种矿物含量发生变化，那么，岩石在靠近接触带的地方，在矿物含量上变得更象脉了吗？或岩石逐渐变得缺乏脉中的矿物（说明脉中的组分，至少部分来自局部的主岩）了吗？



图 7.25　由钠长石脉引起主岩的绿片岩蚀变和析离作用

主岩为基性的浅色褶辉质岩石。其边缘由于阳起石晶体（暗色）将镁铁质集中而变得清楚。基性成分中的钙—铝组分进入了脉。脉几乎全是块状结构的钠长石，但包含有一些针状绿帘石和少量斑点状绿泥石。视域：5×4cm

第 8 章　接触带和反应带

8.1　火成岩接触带——接触变质晕与交代作用

火成岩与其它岩石间的接触关系复杂多样。两者间可以是沉积接触、侵入接触或断层接触。如果炽热的火成物质发生堆积或侵入，则邻近围岩将受到一系列热的作用。岩浆或熔岩也会受到相邻静态的、冷的围岩的影响。其后，经过复杂的冷却过程，接触带趋向于形成一个递减的反应带序列。再后，它就变得易于发生那些与其它类型的接触带完全一样的正常反应了（8.2节）。

8.1.1 侵入体的几何形态

应该注意火成岩体完整的形态及其接触带的形态细节。小型侵入体可以有象脉一样的形态和产出型式〔图7.21和图7.22(a)—(e)〕，可包括小的侧向分枝侵入体，活动性围岩造成的反侵入体以及火成岩固结期间或固结后发生的变形作用的反映。

在野外，应按比例将侵入体的整个形态填在图上或作出素描。接触带的细节应给予素描并附上矿物成分及其含量的注释。因为在小型侵入体中，一种岩石类型常常由于矿物成分及含量的改变而逐渐变化成另一种岩石类型。

8.1.2 接触变质晕

特征：岩浆热作用于围岩的直接结果，或是造成零到几米宽的局部烘烤边。或是一个更宽的变质晕圈。这些岩石就

遭受了接触变质作用。就是说，由于温度增高而发生了矿物的重结晶作用或新矿物的结晶作用。这种现象很容易在浅层侵入体邻近的围岩中或厚层熔岩流的底板围岩上看到。接触变质的典型结果包括：

1　石英质岩石的褪色（颜色的改变更为常见）。

2　细粒岩石类型变化为角岩建造。

3　某些岩石出现斑点。

4　原先的大颗粒矿物或斑块（杏仁体、斑晶、单矿物碎屑等等）的边缘以及粗粒结晶岩石的结构变得模糊了。

在野外，要记录接触变质作用的特征，以及这些特征从变质晕圈外向火成岩接触带方向上是如何变化的。若有可能，应按最简单的岩石性质来确定晕圈的顺序。当用铁锤敲打时，这些性质有：颜色，粒度，节理间距，岩石断口类型，或者脉中的矿物（例如：基性或中性火成围岩中的葡萄石被绿帘石交代）。矿物的任何能辨认的变化都应记录，但当发现这些变化按岩石的物理性质确定的分带很少有补充时，也不应觉得奇怪。若出露得完整，接触变质晕圈的分带应填在图上。这意味着，如果一般地质图的比例尺不适当时，需要围绕侵入体作一更为详细的局部地质图。应在露头良好的地段作一横穿变质晕圈的典型分带图，以代替出露差的露头地段的地质图，或作为出露差的露头地段地质图的附加图件。图上应标出分带的宽度和各带内没有作为分带标准的那些现象的变化情况。

8.1.3 区域变质区的接触变质晕

岩浆侵入到已具有一定温度和变质级的、位于地壳深处的变质岩中时，会产生一个变质程度更高的广阔的“变质晕”。这种晕圈只能根据矿物，而不是根据岩石的物理性质来

确定。另一方面，晕圈的走向可能并不严格地沿着火成岩接触带的轮廓延伸。因此，如果能真正地将它和区域变质作用的结果区别开的话，除了通过全面填图之外，不大可能看出晕圈的存在。

火成岩侵入到已上升到地壳浅处的区域变质岩中，将在原先的片岩等岩石之上叠加一个可辨认出的接触变质晕。明显由中或高变质级片岩变来的角岩应在露头上立刻辨认出来，其片理的消失及趋向于具不规则的弯曲断口的特征可以作为遭受区域变质作用后和岩浆侵入之前上升到浅处的证据。

区域变质作用发生之前出现的接触变质晕不可能辨认出来。除非区域变质作用是甚低级或低级的。在此情况下，比起未角岩化的岩石来，角岩化岩石通常会变为更硬的块体。根据后期组构的构造关系，也有可能根据劈理类型的差异，可以发现角岩化的岩石。

8.1.4 交代作用

交代作用是指围岩发生化学变化。使用该词需要有如下前提（目前已不那么肯定）：

1　源自火成侵入体内交代性流体。

2　交代作用发生于岩浆岩体未冷却时。

这种变化突出地表现在围岩正常的矿物组合中某些矿物的消失和富集某种微量元素的交代矿物（例如富硼的电气石）的出现。电气石、萤石和黄玉都是常见的交代矿物，但也可能出现其它许多矿物，包括一些浅色“白云母”。

在野外，如果岩石中富集“交代”矿物，或者在火成岩接触带附近，化学变化明显地沿交代带分布，或围绕脉体分布，则可以说这些矿物的出现是交代作用的结果。（后者的

意思是岩浆物质和流体的运动是通过接触带或脉进行的。）有时，这种交代带能在图上填出，甚至可以根据矿物成分和结构类型在图上标出具体的分带来。如果可能，工作应作到这一步。否则，交代带的位置应标在地质图上，并描述每一个出露点上的交代岩石。归纳起来，重要的是要作到：

1　对最典型的交代岩石的矿物和结构作素描。

2　列出每种围岩中矿物被交代矿物置换的顺序（例如，电气石交代：普通角闪石，黑云母，斜长石，K-长石，石英）。

8.1.5 火成岩体的边缘

造成侵入体边缘成分变化的三种成因需要予以区分。

1　岩浆的变化　这种变化可以是不止一种岩浆侵入的结果，如果是复合侵入，也可以是结晶分选作用的结果。分选可能表现在矿物粒度或种类上，可由岩浆房底部的成层堆积而成，也可由靠近接触带的岩浆边缘层中出现的剪切作用造成；也有可能是晶体从侵入体的围岩壁上，或细粒的冷凝边缘上向体内生长而造成。所有这些火成矿物在粒度上和含量上的变化都是原生的。

2　热液环流的影响　这种影响可能是普遍的，但只可能在野外分辨出来；如果涉及到变化，这种变化不可能在侵入体冷却之后发生的话。两种最可能的成因是：基性侵入体中的普通角闪石的晚期生长和侵入体本身发生的交代性质的蚀变（这种交代不同于围岩发生的交代作用）。图8.1中的具有辉长结构的带状普通角闪石岩与辉长岩相接触（辉长岩中辉石有普通角闪石环边），这表明了水流体的局部注入。在仅发生过低级变质作用（不能形成变质成因的普通角闪石）的地区，在侵入体冷却之前，看来必定发生过这种水流体的注

入作用。再有，在不连续的带中可能属局部的交代现象（如图8.2）表明了明显的液体流动。这可能起因于侵入体的热能。在切过火成侵入体的带中，这种热流体的作用引起变质矿物或交代矿物的生成。

3 反向反应作用 反应带的影响通常局限于离接触带几米，有时是几厘米的范围内，并随围岩的类型不同而变化。如果反应带中矿物的变质级高于围岩中矿物，那么，反应必在侵入体冷凝之前已经发生。这种影响涉及了沿接触带分布的矿物的、有时是反应带系列的全部主要变化。对反应带的一般讨论放在8.2节。

在野外，应当寻找和观察侵入体边缘的矿物变化，并且应如上所述那样按矿物、结构和分布加以分类。结构应该画出，作为另一类素描，配上结构在数米范围之内变化的说明。

8.2 接触带上的反应带与化学变化

遭受变质作用影响的相邻岩石间的化学变化是很普遍的，也是经常被忽略的。明显反常的矿物组成容易辨认，而且通常局限于离接触带几米之内或更小范围之内。至于不那么容易看出的变化，则可能涉及的范围更远。因为这些变化可能在很大程度上是由流体引起的，而且接触带能为流体运动提供更好的通道。这样可能就难以把某些反应的结果同热液作用所导致的结果予以区分了。这些作用可能是互相补充的。

8.2.1 反应的识别

在野外，首要任务是识别反应。简单的办法是根据岩石矿物组合（要在远离接触带处确定矿物组合）中一种或多种



图 8.1 辉长岩中的普通角闪石带

沿照片左侧延伸的黑色矿物和白色矿物构成的条带，正好和右边的类似斑块相连（在照片的约3/4高度处）。这些斑块由普通角闪石和白色斜长石构成，但具辉长结构。未蚀变的辉长岩（由辉石和斜长石组成）较模糊（照片下半部分中部和顶部中间边缘）

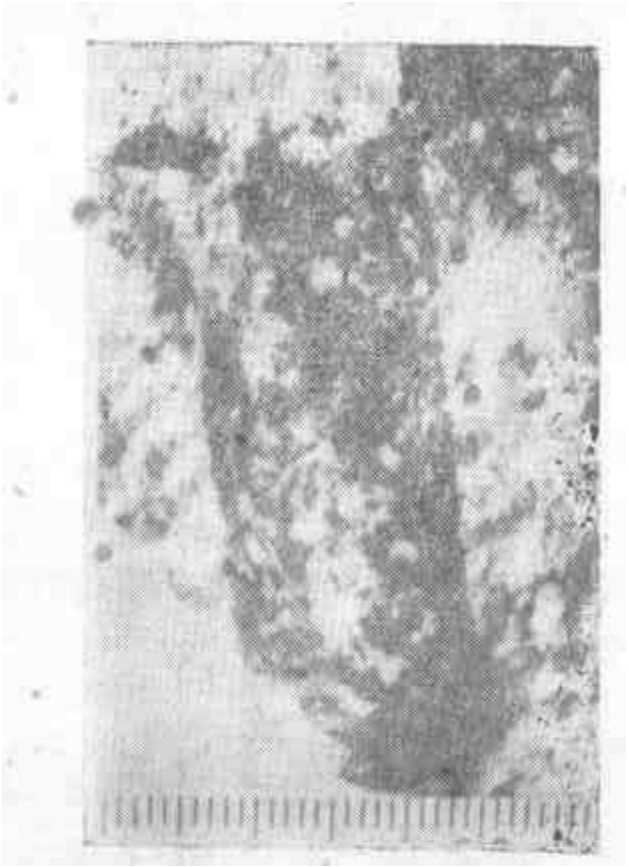


图 8.2 花岗岩中，放射状排列的针状电气石集合体具钾长石斑晶的假象

矿物的消失，抑或根据一种或多种矿物成分上的变化（可能从颜色或粒度上看出变化）。新生矿物只在接触带较局部的地方才能观察到，并且在两种岩石类型之间出现极不稳定。因为这些变化一般都不显著，只能根据局部岩石特征更接近于紧邻接触带的岩石，而与两侧岩石的组成变化趋势不协调这一点来证实有反应的存在。

不管矿物的变化是否明显，都应记录那些表明相邻岩石相互间发生了影响的普遍特征。岩石沿接触带出现的褪色或变黑（图7.24）或表面染色，或抗侵蚀能力的差异性等都表明反应作用的结果。这些都应写入最后报告。对任何证明可能是什么作用（如矿化作用或局部碎裂作用）引起了蚀变的证据也应写进报告。

8.2.2 反应带

在反应进行彻底的地方，有可能存在三条明显的反应岩石带。在接触带两侧的岩石，尽管发生了化学蚀变作用，却依然保持了其原岩的岩石类型特征。在它们之间可能存在着中心岩石带。在这里，原岩的任何构造特征都已消失。该带可以全由反应期间生成的新生物质构成，但也可能包含早期的、已强烈蚀变以致破坏原岩特征任何痕迹的岩石(图8.3)。

在中心带两侧的反应岩石带内，蚀变作用可能是朝着接触带方向而逐渐增强的。最先可能会在蚀变作用轻微处看到一些新生矿物，然后可能会看到新矿物假象置换了原岩中一种或二种矿物。随着向接触带靠近，新矿物会相继置换更多的早期组合中的矿物。这种置换常常由交代矿物的出现而很好地表现出来，也常常由侵入接触带中火成结构的反向反应置换（8.1.4节和8.1.5节）表现出来。

在野外，蚀变作用的不同阶段的结构应予素描，并且应

记录它们是否为一个规则的带系列，或置换作用是否在接近节理、成分层或叶理面等可能成为流体运移通道的地方显出不协调地增强。如果是一规则的分带，则应测量其宽度，也许可将它作为一个标准分带。否则，应对典型的不规划分带作出素描或作大比例尺网格素描图。如果在接近接触带处出现了几种新生矿物，则应记下它们在不同的地点，尤其是在不同的原岩类型中出现的顺序。还应当记录下它们这种出现顺序在区域上的一致性，或这种顺序与原岩类型的相关性。

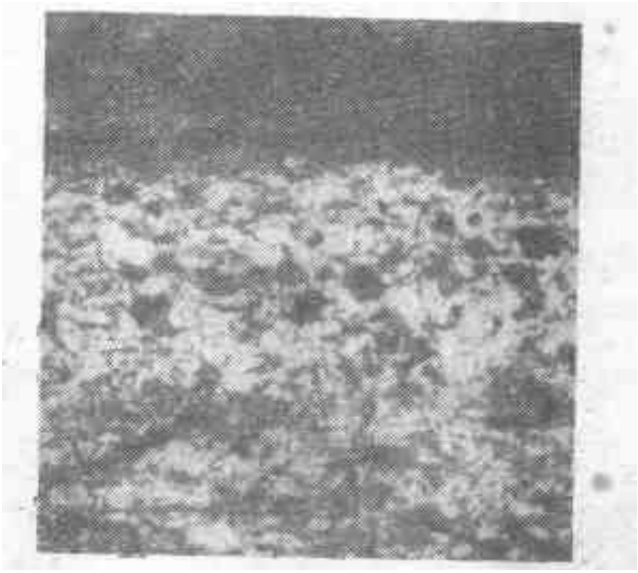


图 8.3 混合岩中某接触带上的反应和可能的熔融现象

岩石有角闪岩（上部）和长石石英岩（底部）。两者都是细粒并具强变形组构。中间为宽3.5cm的、粒度较粗并具弱变形组构的闪长岩带。估计是由于基性岩与沉积岩组分之间的反应所形成，也许伴有熔融作用。其它地方，这种闪长质岩类似乎侵入到角闪岩中

在由新生矿物构成的中间带内，矿物间的相互关系通常是简单的。矿物种类在正常情况下少于带外的，而且通常是有规律地变化（除非遭受了后期的变形作用而变复杂）。如果带中出现几个具有同样地少数矿物和相似结构的条带，则它们是相继生成的世代，并可能具有不太明显的横切形态。只

有在最极端的岩石类型之间，才可能出现具不同矿物组合的若干分带来（最典型的例子是在超镁铁质岩或在碳酸盐岩同硅质岩的接触带上）。相邻岩石之间的直接反应造成一个不可逆的简单分带序列，每个分带中的矿物种类都比原岩中的少。那些具有顺序可逆的众多分带，或带中矿物种类多而且堆积无规则的情况，基本上都是脉或热液作用的结果，而不是反应作用带。

在野外，矿物，结构和分带的宽度都应该记录。最好作加上注解的素描图。如有疑问，最重要的不是去判断这是反应作用带呢，还是另一种沉积物类型，而是去收集，证据并写进报告。

8.2.3 反应带的变形

反应带是由物理性质有很大差异的岩石组成的层带，其成层性使两个力学性质可能不同的相邻岩石出现普遍的不均一性。在随后发生的变形作用中，反应带容易遭到强烈的破坏，产生如等斜褶皱、石香肠和单矿物的或复矿物的团块、舌形接触关系以及“构造侵入体”（图8.4）等构造形迹。在野外，应留意由一些简单物质组成的、被破坏的反应带，并画出能辨认出的任何特征。

8.2.4 变质级与变质顺序

只有当两种不同的岩石在某种特定的变质条件下互相接触时，才会形成反应带。有时，在适当的变质条件下，由于断裂作用、侵入作用或岩浆结晶作用使能发生反应的岩石接触在一起。有时，可能发生反应的岩石一起沉积于地壳表面，但是在达到变质作用得以发生的较高温度和压力条件以前，它们之间不会发生明显的反应。有时，在某种温度如压力条件下，岩石相互之间确实是稳定的，但在另一种温度和



图 8.4 构造侵入岩墙

此图为变质熔岩建造的顶部表面，由于上复蛇纹岩与滑石片岩被侵蚀而出露。由阳起石-滑石片岩和阳起石-绿泥石片岩所填充的、深达2m的平行裂口切入到变质熔岩中（标尺为1m）

压力条件下，它们之间就会发生反应。比如层状辉长岩中的富橄榄石带与斜长石-辉石带在高温下是稳定共存的。例如在岩浆结晶时的高温下，它们都是整个橄榄石＋辉石＋斜长石组合的组成部分。在低级变质条件下，它们变质成为不属同一化学平衡的两种不同岩类（分别为蛇纹岩和绿片岩）。在二者的接触处，它们发生反应形成一个绿泥石＋透闪石反应带。变质级在决定两种岩石间是否将发生反应以及反应将生成什么反应带方面起着极重要的作用。

变质岩石并不总是内部平衡，要受后来变质条件，尤其是较低级变质条件的影响。但是，如果在这样的条件下，在接触带上发生了反应，则反应带会反映出较低变质级的存在。反应带与相邻岩石之间在变质级上的差异有助于证实变

质的历史和变质地体的位移。当大型逆冲作用或火成活动使岩石接触时，反应带两边的岩石可能在变质级方面存在差异。甚至当接触带两边的岩石之间发生反应时，它们之间可能存在一个热梯度。基于以上理由，应当考虑到反应带的变质级，并且应在报告中说明是否在反应带与它的任何一侧的围岩之间存在着明显的变质级的差别。如果反应带属较低变质级，则其中可能存在着其它较低变质级的特征（也许是剪切带），这些特征可能与反应带相互关联，或者根据这些特征能发现后期组构的存在。一个反应带具有较高变质级的情况，或者反应带中次一级分带的变质级有变化的情况是极少见的，这些现象可能对解释大地构造有用。对这样的情况应重点研究，并尽可能充分地描述。

第9章　断层、糜棱岩和碎裂岩

在变质岩区，发生了位移但相对未变形的岩块可以被单个的断层面或被有限厚度的变形带所分隔开。在野外工作中，需经常地注意和记录标志层和接触带的证实的和可能存在的位移线。

必须密切注意的是变形区内可能有变形前产生的断层。在变形带内可能存在众多的岩石类型，这和产生位移的物理环境的整个多变性相一致。发现和鉴定断层岩石有助于找到另外的、被忽略了的断层。而且，已知的位移指示了断层岩石可能产出的位置。

9.1　断层

9.1.1 剪切纹理

断层面上无规律的细小纹理使人们重视矿物移动和再生长的领域。这样生长的矿物颗粒，在连续的移动作用下能延展拉长，以至在断裂面上形成几乎是沿运移方向分布的纹理。在根据两盘比较只能确定地层倾向断距的地方，这种纹理在确定断层类型（正断层，横推断层等）方面是非常有价值的。然而，因为这种作用在地壳浅部是很普遍的，所以记录断层的位移可能要放在记录了其它有构造意义的现象之后。在野外，纹理的存在、矿物的种类和方向以及纹理显示的运动方向都应记录下来，并对纹理的型式加以分类，以便看它是否具有构造研究意义。（纹理通常只显示大块的岩块

正沿现在的山坡下滑。）

9.1.2 断层附近的化学变化

断层提供了局部的物理应力、流体运移带和不同岩石的并列接触。化学作用可能因而影响断层两盘一定范围内的岩石。在野外工作中，要注意寻找两盘岩石中长石的雾状次变、氧化作用及三氧化二铁、氢氧化物的沉淀造成的染红现象、火成岩的碳酸盐化以及片岩中不明显的绿泥石化现象。即使在化学作用影响不明显之处，也可能有风化特征或节理特征的改变。这些都应作记录。

9.2 断层和剪切带岩石类型

断层通常是脉、沉积岩墙或流动沉积物的沉淀场所，并且常常发生矿化（见7.4节）。寻找这类东西，尤其是不仅要寻找断层岩石本身，还要清楚地确定断裂带——断裂带主要是由围岩的机械破碎所形成的，并且不可能清晰地划定为精确的带。

两岩体间的位移可通过以下两种方式及二者间的过渡方式来达到：一是在单个断面上的断层运动；一是在剪切带中的（累积）剪切运动——剪切带很宽，故带中单个剪切断层两侧岩石的位移作用是微小的。剪切带中正常的岩石类型与带外的或者相似或者不同，这在6.4.4节中已论及。

表9.1对断层与剪切带中的特殊岩石类型（“断层岩石”）的分类方案同一些已发表过的方案相似并添加了野外可见的特征，以便于人们考虑有意义的分类。这方案不同于70年代以前（岩石变形过程中的晶体塑变作用被公认前）的、以从前的“碎裂”和“变晶”概念为基础的方案。它还删去那些被认为与需要显微鉴定才能区分的“重结晶”方式有关的术

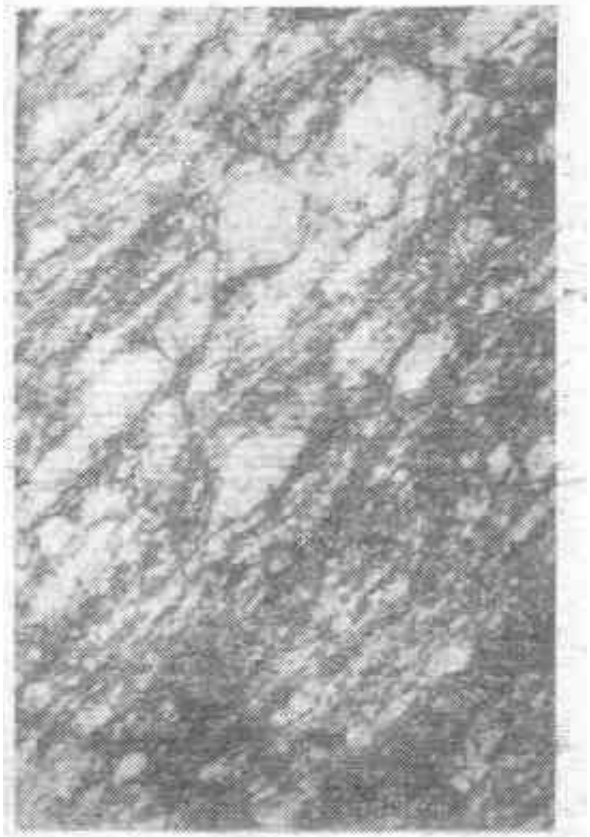


图 9.1 糜棱岩

糜棱岩化花岗岩中，暗色的糜棱质条纹和裂纹发育的长石、石英碎斑（最大1cm宽）。按表9.1的亚类划分，此岩石部分为"糜棱岩"，部分为"初糜棱岩"

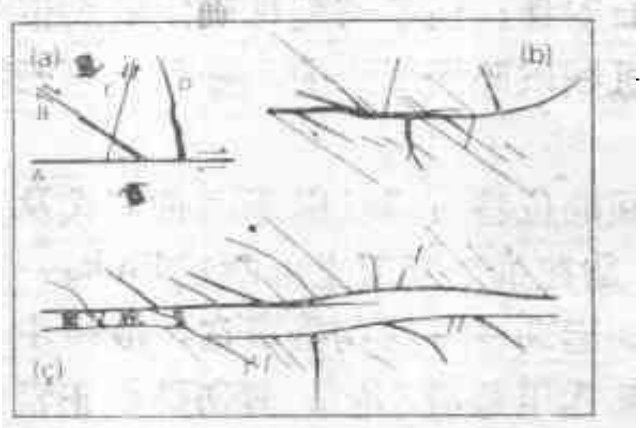


图 9.2 假玄武玻璃的几何形态

图示为右旋主剪切断裂

（a）主要部分：主剪切断裂（A），往往沿带产出；同方向的次级剪切断裂（B）；反方向并与（A）大角度相交的次级剪切断裂（C）；张性断裂（D）。B和C是一共轭断裂组。（见图6.15）。假玄武玻璃见于A、D中和B的局部。（b）一个简单的断裂型式，为一主剪切断裂及其尖灭端。(c) 对偶主断裂的例子。次级断裂在主断裂之间比在主断裂之外更密集地发育。交错断裂把岩石分隔成具有稍圆化棱角和边缘的"碎屑"。这里，密集的断裂合并为一种假玄武玻璃的角砾岩（图中细点部分）中，角砾岩中的基质全是假玄武玻璃

表 9.1 断层岩石的野外定名

	无可见组构	具可见定向组构
玻璃状的 类似火山玻璃或脱玻化玻璃	假玄武玻璃 （记录其几何形态特征，如图9.2所示）	
未粘结的 可见碎块 按体积：＜30%（断层泥）	断层角砾岩和断层泥 断层泥	糜棱质断层泥
＞30%（角砾岩）	断层角砾岩	糜棱质断层角砾岩
粘结的非玻璃状的 细粒基质＋碎块碎块粒度：	压碎角砾岩	
可见碎块的含量 90—100% ＞5mm	压碎角砾岩	糜棱质压碎角砾岩
可见碎块的含量 90—100% 1—5mm（细）	细粒压碎角砾岩	糜棱质细粒压碎角砾岩
可见碎块的含量 90—100% ＜1mm（微）	压碎显微角砾岩	糜棱质压碎显微角砾岩
可见碎块的含量 50—90%	碎裂岩 初碎裂岩	糜棱岩 初糜棱岩
可见碎块的含量 10—50%	碎裂岩	糜棱岩
可见碎块的含量 ＜10%	超碎裂岩	超糜棱岩
基质中可见新生颗粒		“糜棱质”片岩或片麻岩

语（特别是“变晶糜棱岩”）。

表9.1直观地给出两个清晰的系列：广义的碎裂岩和糜棱岩。每个系列中，区别反映在颗粒破碎的程度上。两个系列间的差别可能在于使颗粒破碎的作用。同一系列中的成员可能大致共生出现。如果发现了两个系列的混合产物，应记录，如有可能，还要记录这两种类型的相对先后顺序。

褶皱在糜棱岩、糜棱质片岩和糜棱质片麻岩中很普遍，有时具鞘壳褶皱形态。野外工作中应素描褶皱形态，尤其是对

许多不同方向褶皱的露头面。还应阐明褶皱的立体形态，

糜棱质片岩和片麻岩（如图9.3）在特定变形作用的物理条件下，其颗粒会破碎到岩石发生连续延展所要求的细度。如果粗粒岩石中出现的层带状岩石是位于确定的变形带内，或者，如果这种层带状岩石含有碎斑，那么，应将它定为“糜棱岩”。

最难鉴定的经常是糜棱岩系列中的由酸性或中性深成岩，或片麻岩变来的细粒岩石。它们有些是像板岩或千枚岩，这是因为很容易过高估计此种岩石中片状硅酸盐矿物的含量而低估细粒化的石英和长石的含量之故（见图9.4），另外的像燧石岩。那些具分散的和圆化外形的破碎石英和长石颗粒的岩石可能看上去象变质火山岩或火山碎屑岩。那些颗粒边缘和棱角只有初步糜棱岩化的花岗质岩石，可能被误认为是变质的长石质沉积岩。如果这些岩石中包有未发生破碎的大块岩石时，它们可能看上去象是变质砾岩。许多这种棘手的岩

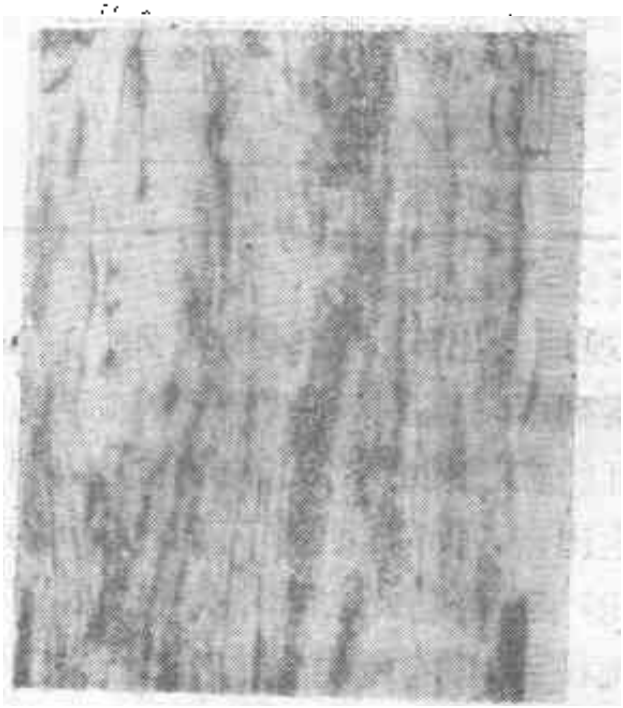


图 9.3　糜棱岩质片麻岩（变质花岗岩）

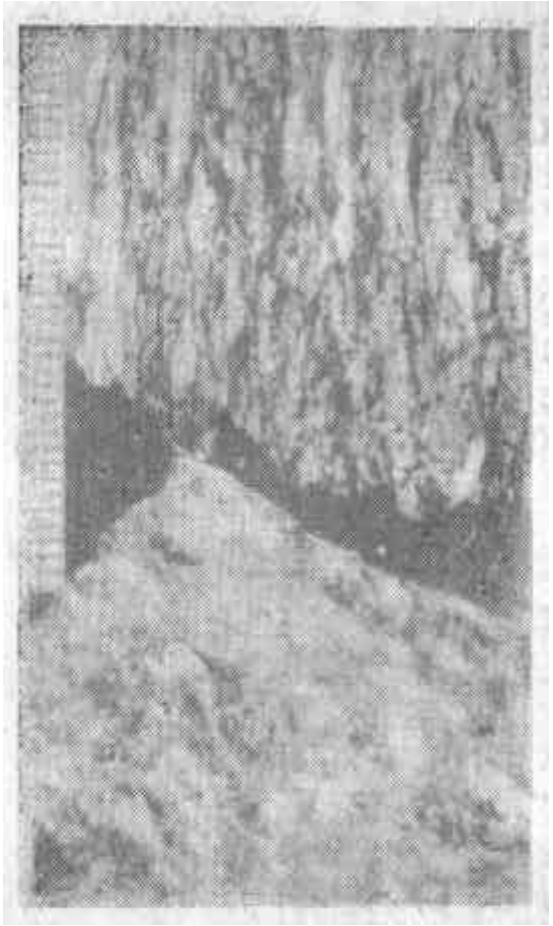


图 9.4 同一糜棱岩的两个切面

图上部是横切岩石组构的切面，显示出深色基质中的原岩碎块。图下部是平行糜棱岩组构的切面，主要表现出了新生的细粒千枚质物质。该切面看去比上边的横切面的色调要浅些



图 9.5 较硬的白云石呈团状产出在方解石糜棱岩中（或糜棱质大理岩）

石，可以根据其具有一种相当特殊的浅灰色外观而辨认出来，但这不是很可靠的。一旦确定出一个糜棱岩带，一个填图单位内的几种这样的岩石类型的组合是较易于追索的。

并非每个糜棱岩带都是一个简单的剪切带。“紧闭”向斜的根部是基底岩石的强烈变形作用带——这至少部分是由于基底岩石比上覆盖层更硬的原故。这些带可能是高度变形的（可能为糜棱岩）变质沉积岩和看上去象变质沉积岩的糜棱质基底岩石的滑动位置。可能需要在图上填出这种变形带，而不用在所有露头上确定确切的岩石类型和它们的成因。

在野外，按表9.1中的六个主要类型对所遇到的断层岩石进行分类。如果明显地可作进一步的划分，则应使用更详细的定名。记录中应鉴定出碎斑的矿物成分。如果是“糜棱质”岩石，就要记录基质、细粒岩石或岩石的细粒部分的物理性质，以及岩块、层带、组构等的形状和方位。如果可用正常的岩石类型名称，则命名时可将它和断层岩石类型名称联合使用（如糜棱质阳起石片岩、绿色板状糜棱岩）。

对一种类型的断层岩石横切另一种类型的现象应作素描或按比例作网格素描图。如果这种现象很普遍，则应清楚地记下从一个露头到另一个露头不同岩石类型的相对先后顺序的一致程度。

当穿越剪切带向它的任意一侧的围岩接近时，断层岩石的类型可能会有变化。另外，当剪切带较宽时，也许能辨认出断层岩石的原岩。这类横穿剪切带的变化应填在地质图上或作出柱状图表。

第10章　附表与索引

10.1　成分类别及其变质级标志

A　超镁铁质岩

成分特征：岩石富含：蛇纹石、滑石、橄榄石、直闪石、铁镁闪石、顽火辉石、古铜辉石。包括蛇纹岩和橄榄岩。

来源：超镁铁质火成岩。极少来自非常局部的、成熟度极差的、超镁铁质岩来源的沉积物。通常是在变质作用前已蛇纹石化。

矿物成因：古铜辉石、普通辉石和铬铁矿可能是火成岩残存物。而有橄榄石、斜长石、尖晶石、石榴石和磁铁矿时，可能为火成成因，也可能为变质成因。火成岩残存矿物种类与变质级无关。除了特征矿物与上述的矿物以外，以下一些变质矿物也可出现：菱镁矿、水镁石、绿泥石、透辉石、透闪内、金云母。

变质级：是相当好的指示变质级类别的岩石。蛇纹岩是*VLG*（甚低变质级）或*LG*（低变质级）。橄榄岩是*MG*（中变质级）、*HG*（高变质级）、*VHG*（甚高变质级）或火成的。大量滑石出现通常是*MG*。大量直闪石、镁铁闪石或顽火辉石出现为*HG*。

为了准确确定变质级，要找到含菱镁矿或滑石的露头，或者与硅质岩的接触带，而且寻找以下的组合：

蛇纹石＋石英（无滑石）——*VLG*

蛇纹石＋滑石（石英上都存在滑石外盖）——*LG*

橄榄石＋滑石——*MG*

（直闪石或镁铁闪石）＋（橄榄石或滑石）——典型*HG*

（直闪石或镁铁闪石）＋（顽火辉石或石英）——*HG*

方镁石；尖晶石；假蓝宝石（或蓝方石）——*VHG*

*LG*和*MG*可根据以下这些组合而再分：

蛇纹石＋水镁石——*VLG*或较低*LG*

蛇纹石＋橄榄石——较高的*LG*

橄榄石＋滑石＋菱镁矿——较低*MG*

橄榄石＋滑石＋分散的直闪石或顽火辉石——较高*MG*

绿泥石、金云母、透闪石和透辉石在超镁铁岩中并非良好的变质级标志矿物。

B　基性岩与中性岩

成分特征：岩石具有镁铁质与钙—铝组分，有时也有石英、黑云母。包括绿片岩与角闪岩。

镁铁质组分＝一些绿泥石、角闪石、辉石、石榴石。

钙-铝质组分＝一些斜长石、钠长石、绿帘石族、沸石、葡萄石、绿纤石、硬柱石。

来源：基性或中性火成岩。有时来源于未成熟沉积物。遭受过热液蚀变的沉积物或熔岩中可能出现分布广泛的碳酸盐矿物。极少（如果*MG*或更高变质级）来自白云质泥灰岩（参阅G和5.5.6节）。参阅5.5.3节

变质级：这类岩石具有变质级类别的广泛的指示作用，正如表10.1所示。然而，各类别的界限可能是逐渐过渡的，

而且*MG*与*HG*可能没有差别。黑云母能出现于*LG*、*MG*和*HG*。

石榴石或透辉石可用于野外进行分带（或者根据首次出现或根据矿物含量，但不可作为普遍可靠的变质级标志矿物。铁镁闪石可出现于富含普通角闪石的岩石中。火成岩矿物可以残存并且其种类与变质级无关。

VLG：在*VLG*中，细粒火成物质中的、由白色(沸石、方沸石）经绿色（葡萄石、绿纤石）至黄绿色（绿帘石）的颜色顺序代表了进变质，但也可能是熔岩堆积热烘烤作用的结果，而不是后期变质作用的结果。

C　酸性岩

成分特征：大量石英与钾长石，间或有钠长石（或斜长石），有时有云母。可出现一些绿帘石、绿泥石、角闪石、沸石、葡萄石或黑硬绿泥石。

如果石英含量大于它在火成岩中的正常量：参阅D。

如果云母含量大于它在火成岩中的正常量：参阅E。

来源：酸性火成岩；间或来自花岗质砾岩；有时来自长石砂岩与细砾岩。除非遭受到强烈的变形作用，否则，通常都保存着粗粒火成结构或沉积结构。

变质级：基本上不用于指示变质级。如果有：

绿泥石；绿帘石 ——*VLG*或*LG*

黑硬绿泥石 ——*VLG*/*LG*边界

黑云母 ——*LG*，*MG*或*HG*

混合岩 ——*HG*

紫苏辉石榴石、堇青石、矽线石；或者假蓝宝石 ——*VHG*

D　石英岩

成分特征：主要为石英。石英岩，包括长石砂岩质和云母质的变种。

来源：成分成熟的砂岩和砾岩（因而有时称之为“砂屑岩”

变质级：一般不用于指示变质级，除了：

白云母 ——*VLG*，*LG*或*MG*

铝—硅酸盐矿物 ——*HG*或*VHG*

（参阅E。注意有无钾长石）

E 半泥质岩与泥质岩

成分特征：富含绢云母或云母；或含铝矿物；其它常见矿物为：石英、绿泥石、长石、石榴石。

含铝矿物＝堇青石、硬绿泥石、十字石和铝-硅酸盐矿物。

铝-硅酸盐矿物＝蓝晶石、矽线石、红柱石。

包括大量云母片岩和板岩。还有些片麻岩。

来源：细粒物质含量高的各类碎屑沉积物。广而言之如杂砂岩、粉砂岩和泥岩。(铝质岩＝泥质岩)。

变质级：虽然随变质级增高，这类岩石会出现许多变化，但除非存在正常铝质岩（E+）或达到*HG*，否则各变质级类别的界限还是难以确定。注意黑云母正常情况下在较低的*LG*内某些点出现，而石英和钠长石可以在所有等级中出现。任何黑硬绿泥石表明*VLG*/*LG*间的边界。在*VHG*中可能缺失钾长石（间或还有石英），表明钾组分的迁出，这可能是部分熔融的结果。在*LG*与*MG*中钾长石只在没有铝矿物的情况下出现（即在半泥质岩中，而不是在泥质岩中）。

这些岩石中的某些矿物是压力标志矿物：

石榴石 ——中或高压

堇青石 ——中或低压

蓝晶石 ——高压（若是*HG*则为极高压）

红柱石 ——中或低压（若是*HG*则为低压）

正常泥质岩可划为一个亚类如下：

E+ 泥质岩亚类

成分特征：硬绿泥石；十字石；或含铝矿物＋白云母＋石英的组合。

来源：成分成熟度高的泥岩。

变质级：根据这类岩石的矿物组合可将*LG*和*MG*作进一步划分，而且以上给出的特征矿物可以指示这些亚级的范围。除了列于E项下的压力标志矿物之外，还有：

*LG*的标志：硬绿泥石；石榴石＋绿泥石；无黑云母的岩石中出现蓝晶石或红柱石。在*LG*中，石榴石指示较高的*LG*。

*MG*的标志：十字石；堇青石（＋白云母＋石英）；铝-硅酸盐矿物＋黑云母（＋白云母＋石英）。在*MG* 内：

十字石＋绿泥石 ——较低的*MG*

铝-硅酸盐矿物＋黑云母

——较高的*MG*；或低压；或两者都有

硅线石；石榴石＋堇青石 ——中压时为较高的*MG*

十字石 ——中压或高压；或最低的*MG*时的低压

F 钙质岩

成分特征：岩石富含碳酸盐矿物。大理岩。

来源：石灰岩

（这里不涉及热液或交代矿床，不涉及同蒸发岩或蛇纹岩共生的菱镁矿，也不涉及菱铁矿质沉积岩或变质沉积岩）

大理岩中的矿物：纯方解石石灰岩变质成为大理岩，但

并不随变质级的改变而变化。大理岩中非碳酸盐矿物通常表现为碎屑或蒸发岩的杂质（石英、绿泥石、绢云母、云母、石膏）。变质过程中这些矿物大量地变为钙-硅酸盐矿物（见下边类别G）。含少量陆源粘土但含大量SiO_2（通常是燧石）的白云岩变质形成含镁-硅酸盐矿物的方解石大理岩。

变质级　含有钙-铝硅酸盐矿物或镁硅酸盐矿物的大理岩是良好的变质标志，但在野外难以进行划分。特别是变质的硅质白云岩的产出多少有些局限，而且其中的矿物并非总是容易鉴定。

页岩状或板岩状的细粒大理岩表示*VLG*。

含绿泥石或云母的大理岩表示*VLG*或*LG*。

大理岩中出现钙-铝质矿物——见下边G类。

对下述的变质级标志产出于变质的硅质白云岩中（即富方解石大理岩）的情况可参阅5.5.5节。按矿物首次出现排出的顺序：滑石、透闪石、透辉石、橄榄石代表从*LG*到*MG*，但是滑石，有时还有透闪石可能不出现。这类岩石中绿泥石并非可靠的变质级标志。如果与方解石有共生关系，下列矿物指示了下面所示的变质级（但不存在这些矿物并不意味着不是这一变质级）：

滑石；金云母；白云石＋石英　　——*VLG*或*LG*

透闪石；阳起石　　——*MG*

硅灰石；方镁石；尖晶石　　——*HG*

橄榄石；白云石＋透辉石；方柱石　　——*MG*或*HG*

假象：水镁石呈方镁石假象；蛇纹石呈橄榄石假象。在地壳浅部的与火成岩的接触带中可能见到罕见的矿物分带序列。这些矿物中出现最多的常是钙镁橄榄石和黄长石，可是野外很难鉴定出来。

G　变质泥灰质岩和钙-硅酸盐岩

成分特征：富含方解石与硅酸盐矿物；或富含钙-硅酸盐矿物如透辉石、斜长石、钙铝榴石、绿帘石、硅灰石。参阅5.5.5节，5.5.6节和5.5.7节。

硅酸盐矿物就是上边F类所列的吗？

来源：碳酸盐和碎屑物质的混合沉积物。

变质级：理论上讲，钙-硅酸盐矿物都是良好的变质级标志，但实际上对这类矿物作必要的鉴定可能有困难。它们之间的主要反应并不和变质级类别的界限相一致。

VLG：碳酸盐矿物的混合物和*VLG*时变质碎屑岩中的硅酸盐矿物（绿泥石、绢云母、石英）的混合物，一般如钙质板岩。

LG：碳酸盐矿物的混合物和这一变质级中的多种岩石中的硅酸盐矿物(白云母、绿泥石、石英、钠长石、绿帘石、阳起石、黑云母）的混合物。

较高的*LG*，*MG*和*HG*：矿物组合变化很大，一般含有透辉石、黑云母、阳起石、透辉石和石榴石都能在这几个变质级中稳定存在（特别是在所有方解石都反应完了的岩石斑块中)。可能出现透辉石角闪岩（参阅5.5.6节)。

以下同方解石共生的矿物可做下列变质级的标志：

硬绿泥石　——较低的*LG*

黝帘石；斜黝帘石　——*LG*或较低的*MG*

斜长石＋白云母　——较高的*LG*或较低的*MG*

钾长石＋斜长石＋石英　——较高的*MG*

钙铝榴石＋钙长石＋石英　——低压下*MG*；高压下*HG*

硅灰石；尖晶石　——*HG*

H　高压下生成的岩石

成分特征：蓝色角闪石；绿色（翡翠）辉石；淡绿或淡褐的多硅白云母；硬柱石；霞石。正常的矿物化学分类已不适用。蓝色角闪石是NaAl与镁铁质组分结合而成。绿色辉石是NaAl呈固溶体存在于透辉石中取代其中CaMg或是存在于霓石中取代其中NaFe，抑或两种情况都有。多硅白云母是镁铁质的而不是含铝质的，其成分与（钾长石＋黑云母），（钾长石＋绿泥石）或（钾长石＋斜方辉石）相似。因此，岩石正常的成分分类（A—G）不适用于对此类岩石作进一步划分。

Ha　边缘蓝片岩组合

蓝片岩或含蓝色角闪石的绿片岩（通常是细粒，且来源于基性火成岩）是普通的*VLG*或*LG*岩石。一些蓝色角闪石可能出现于某些深成岩、大理岩和变质碎屑岩中。

蓝色角闪石可以和钠长石、绿泥石、多硅白云母、黑硬绿泥石、方解石、石英、榍石、阳起石、绿帘石、硬柱石共生。如果能鉴定出CaAl-硅酸盐矿物，则它可指示：

硬柱石　——边缘到*VLG*

黝帘石；斜黝帘石　——边缘到*LG*

Hb　硬玉蓝片岩组合

蓝色角闪石分布广泛，集中产于变质基性岩中。硬玉质辉石加石英的组合出现于酸性岩和某些基性岩以及某些变质沉积岩中。无钠长石。多硅白云母产出于酸性和泥质岩中。硬柱石产于某些基性岩、中性岩和某些大理岩中。可能出现霞石，但可能已转变成方解石了。

其它矿物：黑硬绿泥石、石榴石、榍石、阳起石、石英。

变质作用：*VLG*；高压；异常低的地温梯度。

Hc　蓝闪石榴辉岩组合

蓝色角闪石、绿辉石、石榴石、多硅白云母、白云母（Na—云母）、碳酸盐矿物、石英、金红石都能共生产出于多种成份的岩石中，包括基性岩和变质沉积岩。基性岩还含有黝帘石、斜黝帘石，间或有绿色绿帘石以及绿色角闪石。多硅白云母、硬玉质辉石、石英和石榴石可能出现于酸性岩和沉积岩中。蓝色角闪石、硬绿泥石、绿帘石出现于某些片岩中。矿物的其它组合已有例子。

Hc+　更极端的组合（变化为蓝闪石榴辉岩）

滑石（变为角闪石）、蓝晶石（变为Na—白云母）、硬绿泥石（变为白云母）、硬柱石（变为黝帘石、斜黝帘石）、绿辉石、石榴石、多硅白云母、石英。

变质作用：*VLG*至*LG*；超高压；异常深度和异常低的地温梯度。

Hd　榴辉岩组合

主要由绿辉石＋石榴石（榴辉岩）加上少量至中等量的其它矿物，再加上金红石构成的基性岩。其它的矿物可反映其基性组分的变化。例如斜黝帘石的出现说明岩石原来就富含斜长石。另外，这些矿物属于正常的变质岩，并能作为变质作用等级的标志：

钠长石＋斜黝帘石＋阳起石＋白云母（Na-云母）　—*LG*

普通角闪石＋斜黝帘石＋白云母　—*MG*

普通角闪石＋蓝晶石　—*MG*或*HG*

这种岩石在高压下及在由次要矿物表明的变质级时，已达到平衡，但其水含量低于正常的基性岩（B）。（这种岩石

表 10.1 一览表：不同变质级时一些成分类别的主要矿物成分

变质级类别	成分类别			
	A 超镁铁质岩	B 基性火成岩		E 半泥质岩和泥质岩
		镁铁部分	钙-铝部分	
VLG	蛇纹石 （石英、菱镁矿）	粘土、绿泥石 （火成岩残存物）	沸石、绿纤石绿帘石、钠长石	粘土、绿泥石 绢云母、石英
LG	蛇纹石 （滑石、菱镁矿）	绿泥石、阳起石 （石榴石）	绿帘石、钠长石	白云母、绿泥石 石英、黑云母 （石榴石、Al-矿物）
MG	橄榄石、滑石 （菱镁矿、直闪石）	普通角闪石 （透辉石、石榴石）	斜长石	白云母、黑云母 石英 （石榴石、铝矿物）
HG	橄榄石、直闪石、镁铁闪石 顽火辉石	普通角闪石 （透辉石、石榴石）	斜长石	钾长石、黑云母 石英、铝矿物 （石榴石） —或混合岩—
VHG	橄榄石、顽火辉石	紫苏辉石、透辉石 （普通角闪石）	斜长石	紫苏辉石＋铝矿物 （钾长石、石英） 或 假蓝宝石＋其它矿物

与基性岩的这种关系，不能套用于VHG“麻粒岩”、酸性岩或变质沉积岩，因为对这些岩石来说，在正常的变质作用之下，也可产生无水的矿物组合。）

注意：某些榴辉岩含有橄榄石加上HG或VHG的矿物，这可能是地幔岩石，而不是地壳物质变质的产物。在其它情况下会出现正常的含水矿物，但这是后来的热液蚀变的结果，并且，这些含水矿物不与榴辉岩保持平衡。

10.2 矿物

典型变质矿物及其一般性质一览表。

10.2.1 主要矿物族及其它常见的主要矿物

矿物	硬度（摩氏硬度）	描述		成分类别（10.1节）
石英	7	玻璃状，除在VHG时显紫色或蓝灰色调外，均为无色。不发生蚀变。三方晶系		所有类
碳酸盐菱面体的：	4（除方解石为3外）	菱形解理、三方晶系		
	颜色：	与冷稀盐酸反应	风化特征	
方解石	白色	起泡	纯净（若有铁时显锈色）	BFG
菱镁矿	褐色	反应弱	锈色斑点	—
菱镁矿 白云石 铁白云石	白色 到黄色 到褐色	仅在粉末状时起反应	（赭石污染程度随Fe/Mg比而变）	APG

续表

矿　物	硬　度（摩氏硬度）	描　　述	成分类别（10.1节）
斜方晶系 微　石 长　石	6	白色，一组解理　遇冷稀盐酸起泡 钾长石灰色、白色、或奶油色，等轴状面解理交角90°，三斜晶系 当双晶和自形晶颗粒不发育时，常常难以区分，或不能区分变质长石种类有时为黄红色（*HG*）或绿褐色（*VHG*）	H CDEG
钠长石		即使在*LG*时，也能发育成干净的自形变斑晶（白色或塑料状蓝灰色）	BCDEG
斜长石		有时呈具有大量包体的卵形变斑晶产于片岩中（如堇青石）。 火成成因的长石是常见的残存矿物可表现出清晰形态和双晶。所有长石都可能被染红，例如靠近断层时。	ABCG ABCG
辉　石	5—6	沿颗粒长轴两组相等解理约90°交角	
单斜（单斜的），			

续表

矿　物	硬　度 (摩氏硬度)	描　　述	成分类别 (10.1节)
透 辉 石		白色、灰色或淡绿色，卵圆形或短柱状。（火成的普通辉石或透辉石残余，在变质辉长岩中常见）。集合体呈玻璃状。	ABFG
硬　　玉		当呈集合体或针状时，灰到淡翡翠色。纤维状或玻璃状	H
绿 辉 石		深绿色。呈集合体或长柱状产出	H
霓石-硬玉		过渡到硬玉	
钙铁辉石		暗棕色或暗绿色。产于富铁岩石或矽卡岩中。	
斜方（斜方的）： 顽火辉石 紫苏辉石		灰色或绿色，（火成的左闪辉石：古铜色） 棕　色	A BCE
角 闪 石	5—6	沿颗粒长轴两组相等解理，相交125°	
单斜： 普通角闪石 铁镁闪石		深绿色，棕色或黑色，短柱状或短叶 片状	ABCG
透 闪 石		灰或绿色片状或针状，有时为羽毛状或纤维状	AFG
阳 起 石		深绿或绿-黑色，形状象透闪石，破碎后则石棉会粉化	BCFG

续表

矿　物	硬　度 (摩氏硬度)	描　　述	成分类别 (10.1节)
蓝色角闪石		蓝闪石为蓝色，其它为蓝紫、紫色或紫黑色。形状象透闪石。其边缘被蚀变成绿色角闪石后，会部分地掩盖本色蓝石棉；决勿企图粉化——吸入危险。	H
斜方： 直闪石		灰到淡绿色。纤维状。针状或叶片状常呈放射状排布	A
绿帘石族	6	柱状，沿长轴有一组解理	
绿帘石		草黄到绿帘石绿色，断面平行四边形，解理平行四边形的一个边，单斜系	BCG
斜黝帘石		白、灰或淡黄色，断面平行四边形，解理平行四边形的一个边，单斜系	BG
黝帘石		白、灰或淡绿色。对称横切面。斜方晶系	BG
橄榄石	7	浅橄榄绿。象石英、但易蚀变为蛇纹石。斜方系	AF
蛇纹石矿物	2—3	（常嵌有细粒硬矿物。）浅到深蛇纹石绿。块状或纤维状。 破碎后石棉会缠结。	AF
常泥石	1—3	绿泥石绿色。一组解理，沿解理剥下的薄片可弯曲，无弹性，	ABCEFG
滑　石	1	白色或淡绿色，有滑腻感。一组解理，沿解理剥下的薄片可弯曲，无弹性	AF

续表

矿　物	硬　度 (摩氏硬度)	描　　述	成分类别 (10.1节)
云　母	$2^1/_2$	一组解理，沿解理剥下的薄片，有弹性。假六方晶系。	
黑云母		绿黑色或棕黑色	BCDEG
金云母		黄棕或绿色存在于大理岩或超镁铁岩中。	AF
白云母		白色，灰色或不同浅色（常为浅绿色）。多硅白云母变种，绿色，有时为棕色，	CDFFG H
"绢云母"	1—3	细粒，白色或绿色。象云母或象滑石矿物（包括某些白云母和多硅白云母）。	CDEFG
石　膏	2	白色或灰色，一组解理，常呈纤维状。简单双晶。	F

10.2.2 "变质矿物"，常嵌在主要矿物中

矿　物	硬　度	描　　述	成分类别
石榴石族	6—$7^1/_2$	十二面体结晶习性。无解理。等轴系	
'钼榴石' 石榴石		红色，棕或紫色。（标准石榴石）	ABDEGH
钙铝榴石		粉红-黄色，极少淡绿色	G
水钙铝榴石		浅粉红色，通常鉴定不出来	AB
钙铁榴石		黄色，棕色或绿色，多产于富铁岩石和矽卡岩中。	

片岩中的含铝矿物

黑硬绿泥石	3—4	深褐色或墨绿色，有一组完善解理，如黑云母，但还有一组不完善解理，其薄片易碎。薄叶片状或薄片状，更常为无定形一团和斑块。	CEH
硬绿泥石	6—7	很暗的绿色或绿黑色，一组完善解理，似黑云母，但其薄片易碎。等轴小片状或片状集合体。假六方晶系。	E + G
十字石	7	棕色柱状，底轴面平常见双晶，一组不完善解理，　　斜方晶系	E +

片岩和片麻岩中的含铝矿物

蓝晶石	沿颗粒长轴为5 颗粒横向上为7	白色或蓝色玻璃状叶片，两组解理分别平行和垂直长轴交角85°。简单平行双晶。　　三斜晶系。	DEE +
红柱石	7	粉红、白色或棕色，具正方形切面的短或长柱状，两组相等解理平行于柱面，斜方晶系。蚀变后易褪色，有时在横切面上可见包体("空晶石")。	CDEE +
矽线石	7	浅白色。纤维状或针状，长柱状，常为纤维束状，一组解理平行长轴，菱形横切面上，解理平行对角线方向。斜方晶系。(比较：黝帘石针状但稍短，其末端和棱角圆滑)	CDEE +
蓝青石	7	白或蓝色，象石英，但边缘、中部或整体易变化。在片岩中，常是嵌满包体的卵形变斑晶。假六方晶系	CEE +

钙—铝矿物（亦可参阅斜长石和绿帘石族）

沸石族	3—6	白色，块状，纤维状或因块状。在孔穴和脉中最发育，但在轻微蚀变火成岩中也交代斜长石或钠长石。属几个晶系	BC
葡萄石	6	葡萄石绿色，一组完善解理，片状易碎。产状：如沸石，斜方晶系。	B
绿纤石	6	蓝绿块状。存在于脉中。	BH
硬柱石	6	白色淡蓝色，黄色或淡橙色。等轴块体或短柱，具方形或菱形切面，（多组解理中）两组最完善解理交角90°。斜方晶系。	BGH

高级变质大理岩中的矿物（亦可参阅橄榄石，辉石和石榴石）

硅灰石	5	白色，淡灰色或绿色，纤维或开裂的片状，沿长轴有三组解理（象透闪石）三斜晶系。	FG
钙镁橄榄石	5½	无色或灰白色。解理不完善，常为卵形。斜方晶系。	F
黄长石	5—6	白色、灰绿色或棕色，理解不完善，有时呈方形横断面的柱体。四方晶系。	F
方镁石	6	灰白色、黄、棕或绿黑色，球状或八面体状颗粒，立方体解理。易蚀变为水镁石，等轴晶系。	AF
水镁石	2½	白色或浅绿灰，一组解理，常在蛇纹石中呈条状和块状产出，或在大理岩中为方镁石假晶。（与滑石比较：不象滑石那样软，不与石英共生）	AF

硬度很大的矿物

假蓝宝石	$7^1/_2$	淡蓝或绿色，解理不完善。单斜系	ACE
尖晶石	8	黑色或红色，八面体状颗粒，无解理。等轴系	AFG
黄玉	8	黄色或白色柱状。一组解理垂直颗粒长轴。斜方系。 主要为交代成因，与萤石和白云母共生。	
刚玉	9	白色或浅黄色，或不同颜色、双晶。桶状颗粒、三方系。 产于捕虏体和高温的火成岩接触带中。	

其它变质矿物

方柱石	5—6	白色或各种淡色。常有云雾状变化，方形横断面的短或长柱状，四方系，它与红柱石不好区别，但它只出现于含有一定钙质组分的岩石中，这种岩石不出现红柱石。	BG
符山石	6—7	棕色或绿色到黄色、具方形横断面的短柱状或呈致密块状，四方系。	AG
硅镁石族	6	深棕色，橙色或黄色，碎块状或在纤维状透辉石或透闪石中呈纤维状出现，解理不完善。	AF

10.2.3 “副矿物”，含微量化学组分

电气石	7	黑色，具有条纹的柱状、针状和扇状，光泽比角闪石强，解理不完善，三方晶系。	CDE
磷灰石	5	无色到白色，可裂开，六方晶系，各类岩石普遍出现。	所有各类

续表

榍　　石	5	灰-棕色，楔形颗粒或无定形状、两组解理，简单双晶，单斜晶系。	ABCDG
金 红 石	6	红-棕色到黑色，四方系。浅到红-棕色条痕。	CDEH
赤 铁 矿	5—6	红到黑色，碎片为血红色，三方晶系，红-棕色条痕。	所有各类
钛 铁 矿	6	黑色，火成岩的残存物，蚀变成榍石和磁铁矿，无解理，三方系。黑色或棕色条痕，弱磁性。	ABC
铬 铁 矿	$5^1/_2$	棕色一黑色，火成岩的残存物，具裂开，等轴晶系。暗棕色到黑色条痕，无磁性。	A
磁 铁 矿	6	黑色，无解理，八面体颗粒，等轴系。黑色条痕，强磁性。	所有各类
黄 铁 矿	6	铜黄色，具条纹的立方体，五角十二面体，极少有八面体，等轴晶系。浅绿、灰-黑色或棕-黑色条痕。（不溶于盐酸。）	所有各类
黄 铜 矿	4	铜黄色，比共生的黄铁矿色深些，无一定形状，极少立方体，假立方体。绿-黑色条痕。	所有各类
磁黄铁矿	4	浅褐青铜色，假六方系。黑色条痕，有磁性，溶于盐酸（产生硫化氢）。	ABE
石　　墨	1—2	灰-黑色，有滑感，在纸上可画出灰-黑色条痕。	EFG

10.3 以矿物为基础的岩石类型命名

岩石类型名称	主 要 矿 物	可能出现的矿物	类 别 (10.1节)
角 闪 岩	普通角闪石＋斜长石	石榴石、黑云母、单斜辉石、石英、斜黝帘石	B
斜 长 岩	斜长石（钙质的）	石榴石、辉石、角闪石	B
蓝 片 岩	包含蓝色角闪石的任何矿物组合	绿泥石、绿帘石、钠长石、多硅白云母碳酸盐矿物、石榴石、硬柱石、霓石-硬玉	H
榴 辉 岩	绿辉石＋石榴石	石英、角闪石、碳酸盐矿物、斜黝帘石、云母、蓝晶石、橄榄石	H
麻 粒 岩	包含斜方和单斜辉石的任何矿物组合 酸性麻粒岩： 基性麻粒岩：	 石英、钾长石、角闪石 斜长石、橄榄石、石榴石、角闪石、尖晶石	 CE AB
绿 片 岩	钠长石＋绿帘石＋阳起石或绿泥石，或者两者都出现。	石英、黑云母、石榴石、碳酸盐矿物、白云母	B
石 英 岩	石　　英	云母、长石、石榴石、铝-硅酸盐矿物	D
大 理 岩	碳酸盐矿物 方解石大理岩：方解石 白云石大理岩：白云石	多种可能性，碳酸盐矿物的名称并非表示它为次要的矿物。 见10.1节，F和G。	FG
云母片岩	云母（通常有石英或碳酸盐矿物，或两者都有）	钠长石、钾长石、绿泥石、石榴石、含铝矿物、阳起石、石墨	CDEG

续表

岩石类型名称	主 要 矿 物	可能出现的矿物	类 别 (10.1节)
橄 榄 岩	橄榄石	辉石、角闪石、石榴石、尖晶石、斜长石、蛇纹石、滑石、铬铁矿、磁铁矿	A
蛇纹石或蛇 纹 岩	蛇纹石矿物	滑石、碳酸盐矿物、阳起石、透辉石、绿泥石、石英、橄榄石、水镁石	A

10.4 结构与组构记录索引

1 介绍岩石的一般印象的关键词：

任何适当的基于组构或构造的岩石名称（例如：角岩、板岩、片岩、片麻岩）；

明显是均质的或是非均质的；

任何它种成分的斑块（例如：眼球、条纹、条带、细薄层）；

任何可裂性（片理，或劈理、板劈理、间隔劈理、破劈理、笔式劈理等）；

组构类型（板岩组构、矿物组构、形态组构、纹层、细褶皱、压溶条纹）和对称性；

2 如果野外能看清楚时，对典型结构和构造要素作详细素描。

3 文字叙述由（所素描的）结构与构造要素表明的时间关系。

4 文字陈述颗粒结构或与组构对应的小构造特征，适当的地方要标明相应的矿物名称。

5 组构进一步的特征记述（例如，片理面上颗粒的线状排列；或者板岩劈理上的拉伸线理）。

6 所有成分和组构面的方位、线性要素方向和相交方向。

7 组构、成分条带、斑块和变形带之间的构造关系。剪切带的剪切方向。反折。先后顺序。

8 组构所有相交的不对称性方向、其它组构和层带、以及细褶皱的位移方向等还未记录的现象。

9 局部组构（它们的矿物、方向和构造关系）与经过填图和构造综合所得出的区域型式的协调性。

10.5 岩石特征索引

共生组合：	章节
主要的岩石形式（填图用）	3.2
厚层带状岩石	4.1
进一步的沉积或火成特征（冷凝边、捕虏体、粗砾、交错层理、递变性等等）	—
薄层状或条带状岩石	4.2
变质前的共生组合名称	2.3
单个的岩石类型：	
一般性质：颜色、节理、断口、片理、风化类型与染色、硬度、磁性	——
矿物肉眼可见时：鉴定出的矿物	5.1，10.2
哪些相邻产出，哪些不相邻产出	
每种矿物的粒度，变斑晶	
矿物含量、变种性、斑块、集合体	
细粒物质	5.2

岩石类型名称 5.3，9.2，10.3
细节：矿物的特殊之处，未知矿物的细节 5.4
结构、不均匀性和矿物间先后关系 6.2，10.4
变形岩石：
结构、组构和裂理 6.2，6.3，10.4
组构与构造要素的方位、关系 6.4，6.5，10.4
变形岩石分散的组分：
剪切透镜体、石香肠、未变形块体 7.1
大颗粒、眼球体、压扁条带、颗粒压力影 7.2
分散的岩石组分（一般的）：
假象 7.3
脉与小型侵入体，几何形状与内部特征 7.4
火成岩接触带，接触变质晕与交代作用 8.1
接触带、反应作用和反应带 8.2
断层、断层带与断层岩石：
断层关系 3.3
断层物质概述 9.1
断层岩石 9.2