

1:50000 地质测量方法参考书



后贝加尔前寒武纪和早古生代 变质杂岩的划分与对比

[苏] A.H. 叶菲莫夫
T.M. 捷佳耶娃 著

地质出版社

1:50000地质测量方法参考书

第十册

后贝加尔前寒武纪和 早古生代变质杂岩 的划分与对比

〔苏〕 A.H.叶菲莫夫 著
T.M.捷佳耶娃

李耀光 陶鸿銓 译

卢良兆 校

地质出版社

10
ВЫПУСК
МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
МАСШТАБА 1:50000
РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ
МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ДОКЕМБРИЯ И НИЖНЕГО
ПАЛЕОЗОЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ
А. Н. Ефимов, Т. М. Тетяева
ЛЕНИНГРАД «НЕДРА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1982

1:50000地质测量方法参考书

第十册

后贝加尔前寒武纪和早古生代

变质杂岩的划分与对比

〔苏〕 А. Н. 叶菲莫夫 Т. М. 捷佳耶娃 著

李耀光 阎鸿铨 译

卢良兆 校

责任编辑：罗永国 马清阳

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：7¹/₁₆ 字数：176,000
1987年9月北京第一版·1987年9月北京第一次印刷
印数：1—1,505册 国内定价：2.05元

ISBN 7-116-00102-6/P·090

统一书号：13038·新497

内 容 提 要

本书讨论了后贝加尔前寒武纪和早古生代变质杂岩的划分与对比问题，将其划分为成层的和非成层的杂岩。对非成层杂岩划分为错动¹变质成因杂岩和超变质杂岩作了论证，提出在1:50000地质图上把它们作为独立的地质体示出。

本书可供地质测量人员、从事变质岩研究的科研人员参考，对地质院校学生也不无裨益。

目 录

序	1
绪论 变质作用的现代概念	4

第一篇 成层变质杂岩的划分与对比

第一章 关于成层变质杂岩的一般认识	10
定义	10
成层岩石在变质作用中的等化学程度	10
岩石在变质作用过程中的稳定性	11
第二章 层理——成层杂岩划分的基本标志	17
变质片岩类的层理	17
结晶片岩类的层理	22
花岗片麻岩类的层理	25
关于麻粒岩杂岩的层理	28
超变质作用中的层理	32
关于变质作用中层理变化的一般结论	33
第三章 物质成分——成层杂岩划分与对比的基本标志	34
基性和中性火山岩的变质改造系列	35
陆源岩石的变质改造系列	39
陆源-碳酸盐岩的变质改造	45

第二篇 非成层变质杂岩的划分与对比

第四章 线性错动带	48
定义	48
规模	52
错动变质过程的方向性	55

线性错动带的分类	58
后贝加尔发育历史中的地壳变动时期	65
第五章 线性错动带内变形的研究	68
角砾化、碎裂化	68
片理化	68
糜棱岩化和千枚糜棱岩化	70
条带化	72
透镜体化	75
褶皱变形	78
变形的叠加	82
第六章 线性错动带中变质作用的研究	88
退化变质作用	88
前进变质作用	89
独立的和共轭的变质作用	92
线性错动带中的交代作用	95
共轭交代作用	108
第七章 线性错动带中某些岩石的错动-变质改造的 一些系列	110
基性深成岩的改造	110
基性和中性火山岩的改造	132
砂-泥质岩石的改造	141
碳酸盐岩的改造	148
第八章 错动-变质杂岩的分类	151
错动-变质杂岩的成因分类	151
第九章 片麻岩-混合岩-花岗岩穹窿构造的变质杂 岩的划分与对比	158

第三篇 变质杂岩划分和对比方法的特点

第十章 野外工作前的准备	170
地质资料的分析	170
地球物理异常的分析	171
航空像片和航天像片的使用	174

第十一章 野外调查.....	177
变质岩的野外研究	177
成层变质杂岩的地质填图	180
错动-变质杂岩的地质填图.....	184
与变质成因岩石有关的矿产的普查特点	190
野外工作的组织	192
第十二章 室内工作.....	194
变质岩的岩石学研究	194
变质作用温度的测定	195
放射性研究方法	199
岩石化学方法的应用	201
地球化学方法的应用	206
第十三章 实际建议	210
1:50000地质图上非成层变质杂岩的表示特点.....	210
编制变质杂岩对比表的原则	213
结束语.....	215
参考文献	217

序

全苏地质科学研究所 1:50000 地质测量《方法手册》丛书 (1969—1973年, 1—13册) 和《方法指南》(1974年) 问世之后, 开始编写一套地质测量工作的参考书。过去出版的《方法手册》和《方法指南》阐述地质体地质测量和矿产普查的一般性问题,《参考书》则不同, 主要侧重于当前最复杂的地质填图问题 或者地质填图的一些专门性的工作, 其中包括难以划分、不好对比的地层 (红层、硅质岩、生物礁、侵入的暗色岩) 的地质测量, 以及古火山和花岗-片麻岩穹窿发育区复杂错动杂岩的地质测量, 有几册《参考书》探讨了深部填图和立体填图方法, 以及地质测量过程中矿床的预测方法。

后贝加尔完成的中比例尺地质填图暴露出了很严重的矛盾。这不仅表现在变质杂岩的划分和对时代的确定上, 而且也表现在对形成变质杂岩的变质作用的本质和性质的认识上, 以及原岩成因的鉴定上。笔者对这一地区进行了多年研究, 搜集了一些资料, 确信必须把变质杂岩划分为成层的和非成层的两种。

查明成层的变质岩以层理为根据, 因此变质岩系的层理问题对于了解地层和构造十分重要, 独辟一章讨论。而且我们侧重于变质作用中使层理保存下来的因素和变质作用中层理的改造, 同时也论述了不同变质等级的岩系的层理。

变质岩系的对比以物质成分为根据, 因此把岩石的矿物改造与变质作用的关系也辟为单独一章讨论。在这一章里列出了一些经笔者发现, 并在野外追索到的最常见的岩石的实际存在的改造系列。

在编写这两章时我们考虑到, 这种变质岩是在很宽的变质等级范围内保存了成层的性质。由于在同一个地层单位内存在着变

质作用的不均一性，这就需要直接考察由变质条件变化引起的矿物组合沿岩层走向的变化。

鉴于已出版了《方法手册》（1969—1973年，1—13册）和《方法指南》（1978年），因此我们无需讨论变质岩层的填图方法、变质相的确定方法和变质岩原始成分的恢复，从而有可能更多地注重研究那些在文献中阐述很少，而在地质填图工作中却造成了严重的困难的变质杂岩问题。这种变质杂岩恰恰就是非成层变质杂岩，我们把它分为线性错动带的杂岩和片麻岩-混合岩-花岗岩穹窿构造的杂岩。

由于地质测量工作中对局部的和多成因的变质作用的意义估计不足，这就有必要广泛阐述线性错动带中的变质作用和变质杂岩的形成。书中列出了单独的一章介绍线性错动带的概况，包括关于它的规模、发生线性错动的地壳变动时期、线性错动带内作用的一般规律的资料。这一章以线性错动带的分类结束。

为了能够比较全面地了解线性错动带中的变质作用过程，本书用专门一章介绍了在线性错动带中发生的错动-变质改造，包括从结构-构造改造起到交代置换和再生作用为止的岩石改造的全部复杂情况。这里分别讨论了各种变质作用过程，把线性错动带分为变形程度和性质彼此不同的基本单元，这样可以查明不均匀变质作用在后贝加尔如此广泛分布的原因，以及不同时代的杂岩中变质作用不正常表现的原因。后者指存在弱变质的早前寒武纪杂岩和强变质的显生宙岩石而言。

通过研究实际存在的错动-变质改造系列证明，由不同成因的地质体产生的某些变质岩是相近的。这样便可以说明对某些变质岩的性质所以做出截然相反解释的原因。大家知道，同一种杂岩往往同时被不同人视为地层单位和深成岩体。由于在对基性岩填图时常常发生误解，所以笔者着重研究了辉长岩类岩体改造为假成层杂岩的问题。

在线性错动带这一部分的最后，划分了错动-变质杂岩的类。这是按线性错动带的分类进行的。分类表明，不研究错动-变质

杂岩各个组成部分形成作用的表现顺序，就不能查明它的复杂结构。

本书第二篇阐述非成层变质杂岩，篇末讨论了片麻岩-混合岩-花岗岩穹窿构造变质岩的特点。我们没有讨论具有底辟-深成体性质的穹窿构造，而只是着重研究变质-交代改造。它是在垂直挤压条件下，在有垂直的热流情况下产生的，这些热流引起了交代作用、局部再生作用和花岗岩化现象。

本书第三篇介绍了变质杂岩划分与对比方法的特点，研究了不同工作阶段——准备工作阶段、野外工作阶段和室内工作阶段各种研究方法的应用，提出了有关在地质图上反映非成层变质杂岩的建议，有关编制图例的原则和编制对比表的原则的建议。

我们推荐本书作为方法参考书，同时应该强调指出，本书不要求全面囊括所有的变质作用，尤其是所有的变质杂岩种类。但是我们期望它在某种程度上将有助于分析火山-沉积杂岩、深成杂岩和变质杂岩的复杂的相互关系。我们认为，这些杂岩应作为三种独立的地质体划分出来：（1）地层单位；（2）深成和火山-深成杂岩；（3）非成层变质杂岩（变质成因岩石）。

本书的宗旨是帮助地质测量人员在大比例尺地质填图中划分和对比变质杂岩，因此它完全是用地质资料编写的，以用于解决地质问题。考虑到大比例尺地质填图的任务，本书根据变质作用（从原岩到变质岩）本身的性质，讨论了变质地质学问题，并根据所提出的观点实际应用的可能，对这些问题做了论述。

绪 论

变质作用的现代概念

后贝加尔是地球上地质结构最为复杂的地区之一。这里强烈的构造运动始自地壳发育历史的最早期，至今犹未结束。贝加尔裂谷是现代地震活动带，地震强度达10级以上，至今仍在进行着地质作用。在漫长的历史中产生了大量不同成因的杂岩，出现在区域的不同地质发育时期。除了不同时代的地层单位、次火山岩和深成杂岩外，广泛分布着从早前寒武纪直到中生代为止所形成的变质杂岩。

国内外文献早已指出，由于原岩成分及其改造方式不同，变质作用有不同的成因类别，变质产物有差异。最近出现一种趋势，就是把区域变质作用主要分为两种类型。虽然各家对这些类型认识不同，命名不一，但是都指出了它们的根本差别。例如，温克勒（1969）把变质作用分为埋藏变质作用和动热变质作用；黄（W.T. Huang, 1965）把变质作用分为地热变质作用和深成变质作用；H.Л.多勃列佐夫等（1966）把变质带划分为中压带和高压带；B.A.尼古拉耶夫（1953）把区域变质作用从区域-接触变质作用中分出来；里德（1957）把变质作用分为造山变质作用和深成变质作用；Б.Я.霍列娃（1974）论证了动力地热变质作用和深成变质作用。

花岗岩化是一种最重要的地质作用，有人把它放入区域变质作用中，有人则把二者对立起来。B.C.索博列夫、Д.С.柯尔任斯基、H.A.叶利谢耶夫、巴罗、蒂利等人认为，花岗岩化是区域变质作用（超变质作用）的结果，而B.A.尼古拉耶夫和里德

实质上认为花岗岩化与区域变质作用无关。

对区域变质作用与构造运动关系的认识也有类似的情况。温克勒(1969)分出两类变质作用,象里德等人所做的那样,把狭义的区域变质作用与“区域造山作用”联系起来。许多人(Н. Г. Судовиков, 1964, В. А. Николаев, 1953, Н. А. Елисеев, 1959等)把区域变质作用看作地槽拗陷带褶皱的产物。关于变质现象的空间分布也是这样。除了埋藏变质作用、地热变质作用或动力地热变质作用外,还划分出了高压带的变质作用。高压带有线性特点,与深断裂和揉皱带相邻。大多数变质杂岩属于区域变质作用产物。

人们一般把区域变质作用理解为由于地壳的地槽(活动)带形成而在广大空间上表现出来的由定向压力和流体静压力及温度引起的岩石变质的总和。地槽火山-沉积物的区域变质作用,是在岩石向温度和压力增高带中逐渐过渡时发生的(地质辞典, 1973)。大多数人研究变质杂岩的基本观点是:区域变质作用的出现是均匀的,具有等化学性质,因而认为原岩成分常常能够很好地保存下来,即保存了岩石总的成分特征(Н. Л. Добрецов, В. С. Соболев, В. В. Хлестов, 1972; Г. М. Другова, В. Н. Глебовицкий等, 1972; 等等)。

国内外学者对变质杂岩和变质作用进行了一百多年的研究,形成了关于变质相的一个总的概念。В. С. 索博列夫院士主编的三卷著作对变质相做了最全面的阐述(Н. Л. Добрецов, В. В. Ревердатто等; 1970、1972、1974年)。该著作中划分的变质相组按压力又分为:

- (1) A相组——低压相,相当于接触变质相;
- (2) B相组——中压相,相当于“一般的”区域变质作用;
- (3) C相组——高压相,相当于赋存于狭窄构造带的“局部”变质作用。

在出现各种变质作用的条件下,成层性标志的保存程度很不一样。划分成相组本身就说明了这种差异的程度。

在热力作用占主导地位的接触变质相（A相组）中，地层标志完全保存下来。这主要是指作为主要成层性标志的层理而言。至于物质方面的表现，则在以等化学性质为主的接触变质作用中可见到角岩的矿物组合与岩石的原始成分的直接关系。

很显然，对于在狭窄构造带中出现的高压变质相（硬玉-硬柱石-蓝闪石相、蓝晶石片岩相、蓝晶石片麻岩和角闪岩相、榴辉岩相——C相组）的变质杂岩来说，层理失去其意义，而让位于条带和片理。由于层理被强烈改造，甚至被消灭，以及由于物质成分变化很大，地层标志的保存趋于最低限度。那些零星保存下来的层理的细微残余不能作为地层划分的因素。

B相组——中压变质作用，包括绿片岩相、绿帘石-角闪岩相、角闪岩相和麻粒岩相，一般属于区域变质作用。

Н.Л.多勃列佐夫、B.B.列韦尔达托等人从“经典概念”出发探讨变质岩时，始终认定绝大部分变质杂岩是成层的地质体，可划分为组和段，并且始终认定岩层下沉到深处发生等化学变质作用时形成的变质岩占主要地位。

在此基础上，许多人在解决变质岩的原岩问题时就采取了一种极为简单化的做法。例如，对麻粒岩相，按矿物组合划分了从较低温到高温变泥质岩的三个亚相（Д.С.Коржинский, 1936; А.А.Маракушев, 1965）：（1）矽线石-黑云母亚相，（2）石榴石-堇青石-正长石（含黑云母）亚相，（3）石榴石-紫苏辉石-正长石（不含黑云母）亚相。根据区域变质作用的等化学性概念得出结论说，上列矿物组合表明变质岩为泥质岩成分，原岩为沉积性质。遗憾的是，在地质填图实践中常常以这种观点作为准则，而忽视了高铝片岩（矽线石黑云母片岩、石榴石矽线石片岩）、石英岩等变质岩不仅可由高铝沉积岩产生，而且也可以由不同成分的岩浆杂岩经过改造而产生。矿物组合一般说不能表明原岩性质和原岩的成分，查明变质岩的层状构造时不能完全靠它，因为很容易把变质条带误认为层理。解决层理问题是确定所研究的变质岩系是否属成层岩系的首要任务。在通常被列入区域变质

岩中的变质杂岩系列中画出成层变质岩的分布界线非常重要。

变质杂岩划分和对比以及填图的困难，首先是由处理这些问题的方法本身造成的。地质人员根据岩石学研究往往竭力使变质岩系适应地层概念，不研究变质作用的性质和形成变质杂岩的原岩的成因，就对变质岩系进行地层划分。在地质工作中有一种看法是根深蒂固的，就是认为根据变质程度可以确定时代。Ю.Ир. 波洛文金娜和Э.Б. 纳利夫金娜（1967）断言，前寒武纪的上壳岩属于区域变质作用的三种矿物相，它们似乎是时代的标志。这两位作者认为绿片岩相岩石是中、晚元古宙的特点，角闪岩相岩石是早元古宙的特点，麻粒岩相岩石则是太古宙的特点。按照她们的意见，“……麻粒岩相岩石的存在是太古宙的标志”（同上，第27页）。

在后贝加尔地区到处都有高温相的变质杂岩，其时代十分肯定，不仅有前寒武纪的，而且有古生代的，甚至有中生代的。同时，晚元古宙一系列地层的区域变质作用相当于绿片岩相（例如木亚群、乌多坎群和加尔加群）。但是，在地质填图中，变质作用至今仍然是论证时代的压倒一切的因素，而地质年代学资料和直接地质关系的观察结果退居到次要地位，实际上没有考虑。然而，在图上划出的一系列地层单位内部却发现变质程度有变化。例如，北贝加尔高原晚元古宙奥洛基特群岩石的变质作用，可由绿片岩相到绿帘石-角闪岩相，甚至角闪岩相。在石勒喀河左岸，在恰尔布恰河地区，在文德纪—寒武纪碳酸盐岩地层中用沿走向追索的方法发现碳酸盐岩的面貌反复变化，从暗灰色石灰岩和白云岩，到含有绿帘石、角闪石和辉石的浅灰色和白色大理岩，即变质等级由绿片岩级到绿帘石-角闪岩级。沿走向在不大的距离上（几千米到几十米）就发生相变。

现在已经完全清楚，在后贝加尔，大面积上的同时代地层实际上不可能受到一样的均匀变质作用。褶皱后发生的不同级别、不同类型的剧烈错动，引起叠加变质作用，波及大大小小的各个地段。苏联其它地区的研究者也得出了这种结论。

在额尔齐斯褶皱带 (Б.Я.Хорева, 1954), 在叶尼塞山梁 (Ю.А.Кудвечов, 1952) 和在其它地方划分出来的多次变质杂岩, 不符合对区域变质认识方法的总原则, 因为那里产生的变质相虽然与区域变质相相同, 但是是在另一种条件下形成的, 与岩石下沉到深处无关。尤其是在叶尼塞山梁划出的叶尼塞杂岩的“黑云母斜长石片麻岩和角闪岩岩系”并不是地层产物, 不能视为区域变质产物。

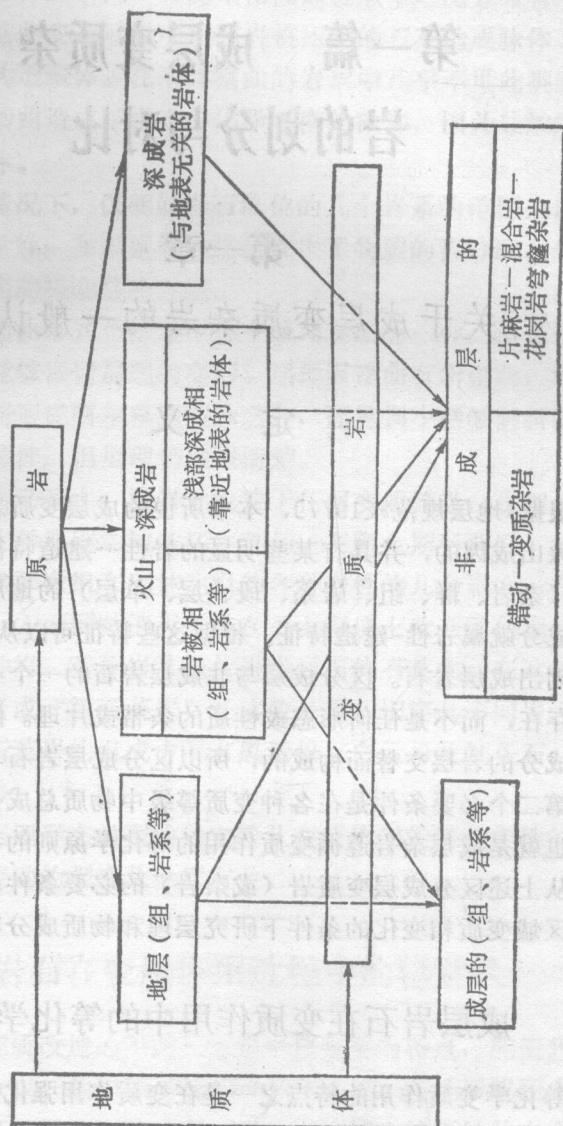
贝加尔褶皱区的变质卵形隆起 (Л.И.Салоп, 1971), 大概也不能认为是区域变质表现, 也就是说不能从深度的观点考虑。Н.П.谢梅年科 (1948, 1953) 证明, 对于玛玛群岩石来说, 变质作用和变质改构的程度并不是由沉积物下沉到某个变质带的一定深度上决定的, 而是由构造作用决定的。由于这种构造作用, 在不同地段出现了有利于发生某种矿物形成作用的热力学环境。

因此, 该是到了订正变质作用与时代关系的论题的时候了。这不正是因为这一论题的根据就是错误的, 而且是因为地质测量人员把它奉为准则而误入歧途。这就降低了地质测量工作的科学研究性质, 降低了测量质量, 因为它削弱了地质人员的观察。在查明变质岩与原岩的相互关系, 以及变质杂岩本身的不同成分的岩石之间的关系时, 这种影响特别明显。任何杂岩, 其中包括变质杂岩, 如不查明其形成顺序, 就不可能编出高质量的地质图。

在后贝加尔搜集的资料说明, 岩石的变质改造不是以一种统一的方式进行的。除了均匀的埋藏变质作用外, 还有不均匀的隆起变质作用 (形成片麻岩-混合岩-花岗岩穹窿) 和侧压变质作用 (或者褶皱带的变质作用)。所有岩石, 不管其性质和成分如何, 都受到改造作用, 同时与构造运动有不可分割的相互关系, 构造运动决定了这种改造的规模、性质和形式。

大家知道, 原岩就其性质而言分为成层的和非成层的。变质作用加深了这种差别, 这在片麻岩-混合岩-花岗岩穹窿和线性错动带的形成方面表现特别明显, 此时不仅由原来的深成杂岩产生非成层杂岩, 而且地层单位也发生这一方面的改造 (图解1)。

图解 1 变质杂岩与其它地质体的关系



第一篇 成层变质杂 岩的划分与对比

第一章

关于成层变质杂岩的一般认识

定 义

根据《地层规范》〔1977〕，本书所说的成层变质岩是指原始沉积和火山成因的，并具有某些明显的岩性—建造特征的变质地层单位（杂岩、群、组、岩系、段、层、单层）的地质体。层理和物质成分就属岩性—建造特征，根据这些特征可以从变质杂岩总体中划出成层岩石。区分成层与非成层岩石的一个必要条件是有层理存在，而不是任何形态或性质的条带或片理。因为层理是由不同成分的岩层交替而构成的，所以区分成层岩石与其它变质杂岩的第二个必要条件是在各种变质等级中物质总成分的保存程度，也就是成层杂岩遵循变质作用的等化学原则的程度。

从上述区分成层变质岩（或杂岩）的必要条件出发，可以提出在区域变质相变化的条件下研究层理和物质成分状态的任务。

成层岩石在变质作用中的等化学程度

等化学变质作用的特点之一是在变质作用强化的条件下，物质（化学）成分相近的岩石在不同变质等级内产生矿物成分不同的一些岩石。变质作用的等化学程度与岩层的错动状态和性质直