



普通高等教育地质矿产类规划教材

变质岩区 构造地质学

中国地质大学 傅昭仁
成都理工大学 蔡学林

编著

地质出版社

STRUCTURAL GEOLOGY OF METAMORPHIC TERRAIN

普通高等教育地质矿产类规划教材

变质岩区构造地质学

中国地质大学 傅昭仁 编 著
成都理工学院 蔡学林

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是为适应近年来构造地质学迅速发展和进一步深化构造地质学基础教学需要而编写的。全书按“解析构造学”的新体系,由构造解析、构造要素和构造组合三部分组成。目的是为广大读者提供变质岩区构造分析的新构造观和方法学,系统介绍当代我国及世界变质构造的研究成果和知识。

本书可作为高等地质院校(系)地质专业高年级学生及研究生“高级构造地质学”课程的基本教材之一,也可供广大区域地质调查工作者及其他研究人员参考。

* * *

本书由朱志澄教授主审,经地质矿产部高等地质院校构造地质学课程教学指导委员会于1990年9月第三次会议推荐,作为普通高等教育地质矿产类规划教材出版。

图书在版编目(CIP)数据

变质岩区构造地质学/傅昭仁,蔡学林编.-北京:地质出版社,1996.11

普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-02114-0

I. 变… II. ①傅… ②蔡… III. 区域变质岩-构造地质学-高等学校-教材 IV. P588.34

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第19638号

地质出版社出版

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:刘亚军 徐进 杨文华

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:16 字数:370000

1996年11月北京第一版·1996年11月北京第一次印刷

印数:1—400册 定价:12.40元

ISBN 7-116-02114-0

P·1587

序

自 30 年前原北京地质学院的《构造地质学》教程新增“变质岩区构造”一章以来，国内外对变质岩区构造地质的研究已经取得了重大的突破性进展。

变质岩区构造地质，的确值得地学界重点关注，变质岩是组成地壳-岩石圈的三大岩类之一，广泛分布于地球表面，尤其是组成前寒武系的岩石几乎全是变质岩。变质岩区的构造具有特色，结构复杂，一般均经历了构造-热事件的变形变质作用，并在多期次构造-热事件中，在构造流变过程中形成、发展和定型。它是阐明地壳-岩石圈早期历史的关键，也是探索地壳-岩石圈深部结构的窗口。因此，花较大力气去研究各类变质地体的构造几何学、运动学和动力学，解析它们生成的环境、流变机制以及在构造-热事件中的形成和演化规律，是十分必要的。从国民经济意义上讲，变质岩区的矿产蕴藏很丰富，这些矿田和矿床的形成和储藏无不受到构造的控制。为此，近年来对变质岩区构造地质的研究已成为国内外地质研究的热门课题。

目前，我国有关变质岩构造地区性的论著不少，但尚无一本系统论述变质岩区构造的专著或教材。中国地质大学傅昭仁教授和成都理工学院蔡学林教授编著的这本《变质岩区构造地质学》可以说在很大程度上填补了这一空白。这本书的编写和出版在理论和实践上以及在教学和科研方面都是必要的、及时的。

从全书布局和结构来看，作者在探索以“解析构造学”为主题的地质构造教学新体系方面，付出了极有益的劳动。这本教材的出版，弥补了过去构造地质学教科书中主要讲浅层次构造现象的不足和各类构造缺乏相互联系、运动、发展和演化观念的缺点。作者在构造要素、构造组合和构造解析三个部分，把巨、大、中、小、微型构造和表、浅、中、深层次构造融为一体；以环境和物质的矛盾为主线，以构造尺度和构造层次作为构造分析的经与纬，按照构造变形场与构造变形相统一的原则，解析构造组合；在建立大陆韧性伸展构造系统、韧性收缩构造系统和韧性走滑系统的基础上，解析大陆地壳-岩石圈的流层构造和陆块构造。这些有益的尝试，使这本教材具有许多特色。

长期以来，我们一直向往着有一本既站在当代地质构造研究前沿，又以我国地质构造实践和实际资料为基础的构造地质学教材系列。这确实是一项十分艰巨的工程，因此，我们现在就必须努力，事实上也早已开始。本书作者和他们的同事们近 20 年来已为此长期耕耘，书中体现了他们长期野外和教学实践的经验，引用了大量中国实例来阐明和充实解析构造的基本理论和原则。例如，本书对构造变形相分析方面的系统论述，横向构造置换的提出，分类变质岩层构造性质的分析，以及建立构造地层学准则，塑造三维叠加褶皱模型，阐明韧性流层构造及陆块构造等方面都展示了作者及其同事们的努力和创新。当然，变质岩区的地质构造较之其它岩类的构造更为复杂，对它的研究也较为困难。因此，本书虽然可能还存在着这样或那样的不足之处，但它毕竟迈出了可喜的第一步。我深信，它的出版

定能在提高教学质量, 指导区域地质调查和加深理论研究等方面起到良好的作用。为此, 我对辛勤劳动的作者和他们的同事们致以衷心的祝贺。

马吉垠

1994. 8. 26

前言

变质岩是组成地壳-岩石圈的三大岩类之一,是深层地壳的主要成分。前寒武系的岩石几乎全是变质岩。以研究变质岩石变形为基本内容的“变质岩区构造地质学”是构造地质学的主要分科,也是变质地质学三大支柱之一。当代对变质岩区构造地质研究的显著进展就在于把岩石变形的流变学理论与现代构造分析方法相结合,寻求变质建造和变形改造与区域地壳-岩石圈演化以及大地构造环境的统一。

变质岩区的构造,以其复杂多变的样式和神秘的色彩吸引着广大构造地质学工作者去执着地追求。从我们作学生毕业论文开始,我们的绝大部分地质生活都在变质岩区渡过。“索太古之奥妙,求元古之真谛”,力求通过自己的努力,对各种变形变质事件作出解析。特别是学习马杏垣老师的《变质岩区构造研究工作方法》和《构造解析刍议》等著作以后,就萌生出编写一本关于变质岩区构造地质学教材(或专著)的想法。从1983年为地质矿产部区域地质调查人员培训班编写出讲义开始,以及在以后对两校高年级和研究生《高级构造地质》教学和对各省局、队举办构造培训班教学中逐步积累,整整10年,直至今日才得如愿。

本书是按“解析构造学”为主题的构造地质学教材新体系编著而成。全书共分三篇十三章,由构造解析、构造要素、构造组合三个部分组成。第一篇阐述如何用构造解析的基本思路和方法去研究变质构造,提高地质工作者观察、分辨、分析和处理构造问题的能力,建立辩证思维构造观。最近,马杏垣教授向作者指出:“您们所采用的解析构造学的原则,不仅适用于变质岩区的构造地质,更是具有一般意义的构造地质方法(论)学。这一点一定要讲清楚。”本书把解析构造学的原则和方法单独作为一篇的目的也在于此;第二篇着重介绍具体变质构造形迹的几何特征、流变机制及观测方法。鉴于这本教材是以《构造地质学》基础教程为基础,因而所介绍的变质岩区的构造主要侧重于韧性域变形。特别是对变质岩石的微组构以及构造的置换和叠加等变质岩区构造特有的现象以专章进行了讨论;第三篇构造组合以区域构造应力-变形场为主线,以韧性剪切变形相构造为主要内容,按大陆韧性伸展构造、大陆韧性收缩构造和大陆韧性走滑构造分别论述其基本构造型式及其形成背景和构造演化。最后一章韧性流层构造及陆块构造可以看作是全书总结,反映作者对大陆地壳-岩石圈构造的基本认识。

本书涉及许多新的资料,也提出了不少新概念、新认识、新模式。这些都是分别通过两校在变质岩区从事构造教学、科研的过程中由集体研究得出的。本书的完成,有赖于与单文琅教授、宋鸿林教授、石绍清副教授和张伯南教授等同事的长期密切合作,有赖于李德威、任建业、王春增、李先福、吴德超、邓明森等青年构造地质工作者的辛勤劳动和创造性研究。使我们不能忘记的是导师马杏垣教授的长期教诲和鼓励,是他引导我们拿起解析构造学这个武器去面对复杂的变质地质构造。在这本书出版的时候,我们谨向我们的老师、挚友和同事致以衷心的感谢。出版此书,曾蒙徐开礼教授、朱志澄教授、俞鸿年教授

以及地矿部构造地质学课程教学指导委员会委员们的大力推荐。朱志澄教授精心审阅了本教材，提出了许多珍贵的意见和建议。在这里，我们再次对他们的指导和支持表示诚挚的谢意。

傅昭仁 蔡学林

1994. 8. 26

目 录

第一章 绪论	(1)
一、变质构造地质学的研究对象及其研究路线	(1)
二、变质构造地质学的研究意义及现状	(2)
三、变质构造地质学的研究目的和研究能力的训练	(3)

第一篇 构造解析

引 言	(6)
第二章 构造解析的基本原则	(7)
第一节 构造解析的尺度	(7)
一、构造尺度的概念	(7)
二、不同尺度构造解析的任务	(7)
三、多尺度构造观察是现代构造分析的基础	(8)
四、与尺度有关的概念	(9)
第二节 构造层次	(10)
一、构造层次的概念	(10)
二、不同构造层次的变形机制	(11)
第三节 构造变形的物质和环境	(13)
一、岩石的变形习性	(13)
二、构造变形的物理-化学环境	(17)
三、影响岩石变形的时间因素	(21)
第四节 构造的演化和重建	(23)
一、构造叠加或复合	(23)
二、构造置换	(23)
三、构造得失	(24)
四、构造重建	(24)
第五节 构造组合	(25)
一、构造要素的组合	(26)
二、构造事件的组合	(26)
三、构造建造的組合	(26)
第三章 构造解析的内容和方法	(28)
第一节 构造解析的基本研究路线	(28)
第二节 构造几何分析	(30)
一、构造形体的解析	(30)
二、构造位态的解析	(30)
三、构造样式的解析	(31)
四、构造变形量的解析	(31)

第三节 构造运动学分析	(32)
一、构造变形方式的解析	(33)
二、构造运动方向的确定	(33)
三、递进应变状态的解析	(33)
四、变形路径的解析	(36)
第四节 构造动力学分析	(38)
第五节 构造变形相分析	(40)
一、构造变形相的概念和术语	(41)
二、构造变形相分析的任务和内容	(43)
三、构造变形相分析的工作准则	(44)
四、构造变形相序列的划分原则	(46)
第六节 构造序列分析	(47)
第七节 地质事件表	(49)
一、层状变质岩石序列的建立	(49)
二、侵入岩石序列的建立	(50)
三、变形与变质的时空关系	(50)
四、区域地质构造事件表的确立	(52)
第八节 区域地质构造演化模式	(53)

第二篇 构造要素

引 言	(56)
第四章 变质构造岩石的组构及其形成机制	(58)
第一节 超微构造	(58)
一、位错的概念	(59)
二、位错的基本类型	(59)
三、透射电镜图像的超微构造类型	(60)
四、塑性变形过程的超微构造表现	(61)
第二节 显微构造	(63)
一、纯剪切变形的显微构造	(64)
二、简单剪切变形的显微构造	(65)
第三节 变质组构的形成机制	(70)
一、压扁作用的经典模式——层状硅酸盐优选方位的旋转定向	(70)
二、岩石的塑性压扁——矿物颗粒晶内滑移	(71)
三、压溶-分集作用——新生组构的构造化学变化	(72)
四、重结晶作用——结晶矿物的定向生长	(73)
第五章 面理和线理	(76)
第一节 面理	(76)
一、面理的域构造	(76)
二、面理的结构分析	(77)
三、不连续面理	(78)
四、连续面理	(81)
第二节 线理	(85)

一、线理的构成	(85)
二、线理的运动学特征	(86)
第三节 石香肠构造和构造透镜体	(87)
一、概念和研究意义	(87)
二、石香肠构造	(88)
三、构造透镜体	(90)
第四节 窗棂构造和杆状构造	(91)
一、窗棂构造	(91)
二、杆状构造	(93)
第六章 变质固态流变褶皱	(94)
第一节 变质岩区褶皱的基本特征	(94)
第二节 变质固态流变褶皱的构造样式和类型	(97)
一、变质固态流变褶皱的构造样式	(97)
二、变质固态流变褶皱的类型	(98)
第三节 变质固态流变褶皱的形成机制和发育过程	(102)
一、纵弯-压扁褶皱	(102)
二、顺层流变褶皱	(107)
第七章 韧性剪切带	(110)
第一节 变质岩区断裂构造的基本特点	(110)
第二节 韧性剪切带的几何学	(111)
一、韧性剪切带的规模与产状	(111)
二、韧性剪切带的域构造	(111)
三、韧性剪切带的阵列	(112)
四、韧性剪切带的应变状态	(112)
第三节 剪切带的构造岩	(114)
一、变质岩区构造岩的基本特征	(114)
二、剪切带中的岩石类型	(114)
第四节 韧性剪切带内部构造要素	(118)
一、变形的残余构造要素	(118)
二、剪切带中新生构造要素	(120)
三、韧性剪切带的磁性组构	(122)
第五节 韧性剪切带的构造类型	(123)
第六节 韧性剪切带的发育环境和过程	(124)
一、糜棱岩与变质相	(124)
二、应变软化及流体的控制	(126)
三、剪切生热与岩浆活动	(126)
四、韧性剪切带的发育过程	(127)
第八章 构造置换和构造变形分解	(129)
第一节 面状构造的置换	(129)
一、面状构造的置换过程	(129)
二、面状构造置换的变形场	(130)

第二节 构造置换的类型	(133)
一、纵向构造置换	(133)
二、横向构造置换	(134)
第三节 构造置换和顺层面理	(136)
第四节 构造变形分解作用	(138)
一、构造变形分解作用的基本概念	(138)
二、块状岩体的构造变形分解	(140)
三、层状岩层的构造变形分解	(141)
第五节 岩石构造变形分解过程中的剪切-压溶分异重建	(142)
第九章 褶皱叠加和断裂再造	(145)
第一节 叠加褶皱发育的构造背景	(145)
第二节 叠加褶皱的干扰型式	(148)
一、两个相继褶皱作用产生的干扰型式	(148)
二、三期褶皱叠加的基本干扰型式	(151)
第三节 叠加褶皱的构造分析	(153)
一、叠加褶皱的识别标志	(153)
二、叠加褶皱区的构造制图	(154)
三、叠加褶皱的面、线构造要素分析	(155)
四、影响叠加褶皱几何特征的因素	(157)
第四节 断面褶皱	(158)
第五节 古断裂	(159)
一、古断裂的类型	(159)
二、古断裂的复合	(160)
第六节 岩墙群和岩床	(160)

第三篇 构造组合

引 言	(164)
第十章 大陆韧性伸展构造	(166)
第一节 韧性伸展构造型式及其在地壳构造演化中的地位	(166)
第二节 剥离断层和多层滑脱剥离系	(167)
一、剥离断层的基本构造特征	(168)
二、剥离断层的形成机制	(169)
三、剥离断层发育的构造背景	(171)
四、多层滑脱剥离系	(171)
第三节 褶皱层构造	(173)
一、褶皱层构造的基本特征	(174)
二、褶皱层的构造型式	(175)
第四节 变质核杂岩构造	(179)
一、变质核杂岩的基本概念	(179)
二、变质核杂岩的结构类型	(180)
三、变质核杂岩的构造背景和演化	(182)

第十一章 大陆韧性收缩构造	(185)
第一节 韧性收缩构造在地壳演化中的地位	(185)
第二节 板岩劈理带	(186)
一、板岩劈理带的基本构造特征	(186)
二、板岩劈理带的类型	(188)
第三节 堆垛层构造	(189)
一、堆垛层构造的基本特征	(190)
二、堆垛层的构造型式	(191)
三、堆垛层的逆冲滑断机制	(192)
第四节 构造混杂岩带	(193)
一、构造混杂岩带的地质构造特征	(193)
二、构造混杂岩带的成因及类型	(194)
第五节 绿岩带	(197)
一、绿岩带的构造特征	(197)
二、绿岩带成因模式	(199)
第六节 高级变质杂岩中韧性逆冲剪切带	(201)
第七节 变质岩席构造堆叠模式	(202)
一、变质岩席构造堆叠的基本方式	(202)
二、变质岩席构造堆叠的构造背景	(203)
第十二章 大陆韧性走滑构造	(207)
第一节 韧性走滑构造在地壳演化中的地位	(207)
第二节 变质山系的纵向走滑韧性剪切带	(208)
一、纵向走滑韧性剪切带的构造特征	(208)
二、滑移线场理论及其在我国造山带的记录	(209)
三、斜向俯冲和地体拼贴走滑模式及实践	(211)
第三节 贯穿大陆的横向走滑剪切带	(212)
第四节 前寒武纪克拉通构造活动带	(214)
第十三章 流层构造和陆块构造	(218)
第一节 韧性流层构造	(218)
一、大陆莫霍面的性质	(218)
二、壳内韧性流层构造	(219)
第二节 融合片麻岩套	(221)
一、融合片麻岩套的基本特征	(222)
二、融合片麻岩套的类型	(224)
三、融合片麻岩套的发育条件和发育过程	(226)
第三节 中国大陆地壳的构造柱	(227)
第四节 陆块构造	(230)
一、陆块的基本组成	(231)
二、陆块内部基本构造样式	(232)
三、片麻岩褶皱穹窿的基本类型	(233)
四、中国大陆板块粗析	(234)

第五节 大陆古老结晶地体的构造形成环境和成因模式 (236)

 一、可能的事实和推论 (236)

 二、古老结晶基底岩石的成因 (237)

主要参考文献..... (240)

第一章 绪 论

一、变质构造地质学的研究对象及其研究路线

变质构造地质学是构造地质学的主要分科,也是变质地质学三大支柱之一。变质构造地质学主要是研究变形变质地壳的地球科学。它对天然构造的描述和分析,与其它岩类的构造既有联系又有区别。变质构造的根本特点在于它具有深层流变的本质。当我们面对某一具体的变质构造形迹时,不仅要回答“这是什么构造?其原始材料是什么?构造的几何特征如何?在变形过程中材料如何改变形状?如何一步一步地造成?以及它是什么时候造成的?花了多少时间?温度和压力条件怎样?材料的强度如何……。”(G. Davis 1984),更要着重研究它在变质-固态流变过程中不断地改组和重建的新陈代谢过程。当变质构造地质学家以充满强烈好奇的目光和执着的追求,去探索距我们历史久远的太古宙和元古宙的深层高温环境及其所建造的地壳时,总是力图收集更多的科学资料来解释这一问题,按照自身的实践提出各种假说或模型,以阐明其建造的规律。然而,变质构造地质学家所面临的任务并不能像建筑师那样亲身监管整个大厦和桥梁的建造过程。他所面对的是地壳大规模固态流变过程的变质建造和经历过多期多相变形再造的变质地质构造实体。这是一个不能直接体验和难于模拟的过程。因此,在他们进行构造解析的时候,首先不能不想到这样一个问题:距今 4000Ma 的冥古宙以来,占地壳 7/8 的历史长河的前寒武纪区域变质岩,不可能不经过多次多期变形改造和变质重建,即使寒武纪以来造山带内的年青变质岩,也往往经历几个世代的变形和变质。深层多样的环境,复杂多变的边界条件,至今露头上还能保存多少它曾经历的“烙印”?加之,叠加干扰型式的复杂、构造标记的多解、位移的难以测量等,常常不允许像研究沉积岩区的构造那样,以某一材料习性为常量和以应力作用为主导因素去进行贯穿全局的分析。时间的久远,“烙印”的消除、情况的复杂多变,加之露头又经常为上覆沉积物所覆盖,带来迄今可以利用的资料相当贫乏,加上某些资料在认识上还不足全信,导致变质岩区构造研究的假说林立,而且往往不能自圆其说。在这种情况下,从事变质岩区工作的人,必然卷入采取什么构造观和方法论来进行研究的争论。有鉴于此,那种先入为主,独赏一家之说,对野外和室内的实际科学资料采取合意则留、不合意则弃的作法,显然是十分有害的。但是,没有先进构造观和方法学的理论指导,仅仅认为野外地质学家的任务只应该收集“事实”,事实的解释应放在以后的想法和作法,显然又是很幼稚的。因为,了解前人有关理论或假说是导致人们敏锐地观察和通晓哪些资料是最有意义的前提,也是发现和认识更多地质现象的指南。应该赋与自己这样的任务,当较大范围的地质构造图案开始显示它们形迹的时候,当露头或镜下某些构造的天然模型呈现在面前的时候,构造学家们就应该暂时地、多重地构思同已知事实不相矛盾的假说,然后通过研究,反复地加以验证。或深化、或修正、或扬弃,从而得出相对符合实际的科学认识。众所周知,建筑师的原始设计和最终建筑物之间总会存在差异。在建筑物的整个营造过程中,他总是对原设计每天或每周及时地作出修改。那么,以反序法为特征的地质构造研究,采取

“多重暂定假说”的研究思路也就是自然而然的了。事实上从来没有一个区域的变质构造认识是一蹴而就的，它不仅需要人们更加严肃和脚踏实地的工作，而且还需要有一而再，再而三地反复推敲自己假说的习惯。

二、变质构造地质学的研究意义及现状

变质岩是三大岩类之一，在地壳上分布广泛，特别是前寒武纪区域变质岩，出露面积几乎占大陆的 17%。其中蕴藏着十分丰富的矿产资源，如铁、铜、金、铀、磷等工农业必需的矿产储量的 2/3 以上都赋存在区域变质岩系或岩套里，有的甚至达 90%，而且多是大型或特大型矿床。因此，迫切提出了如何鉴定其控矿构造模式用以指导矿产预测、勘查和评价。另一方面，地球科学的许多重大问题，例如：岩石圈的结构分层和流变性质；深层岩石的构造变动；大陆莫霍面的性质；造山带的结构、活动过程与动力学；早期地壳的构成与演化；流体在地壳中的作用等等，当代地球科学的前沿课题以及岩石学、地球化学和地层学的许多新概念、新内容都同变质岩区构造研究有着十分密切的关系。所以，变质岩区的构造研究已成为当代地质构造研究工作者特别关注的课题，也是近年来构造地质学领域内发展最快的分科之一。

当代变质岩区的构造研究之所以得以快速进展，其原因大体表现为如下两个方面：一方面是摆脱过去“浅层次和挤压体制”构造分析方法的桎梏，抛弃了过去单纯以弹性力学为主导理论基础和对构造现象简单描述、堆砌和形式逻辑比较的传统方法，代之以活动构造观为指导的，以流变学为理论基础的，多尺度、多层次、多因素、多类型和多体制的现代系统科学解析。另一方面，它参加了新兴的变质地质学，成为对变质岩区多学科综合研究的一员。随着近代变质岩石学和变质地球化学、同位素地球化学、同位素年代学等方面的显著成就和进展，先进测试手段和计算机被应用于构造和岩石的分析，积累了相当丰富的资料和数据，又反过来推进这一领航分支的快步前进，使一些长期难于回答的，诸如长期的构造-热历史和多期次复杂变形变质环境等问题，得到了更为科学的解释。目前变质构造地质学已逐渐摒弃了传统构造地质学缺乏相互联系运动、发展和演化的弊病。也使 50—60 年代苏格兰地质学家创立的构造几何分析和 60—70 年代以 Ramsay 为代表的应变分析方法和成果解释提高到又一个新的水平，使构造分析方法又进入了一个新的阶段。这个阶段的最大特点就是构造变形相分析的形成和发展。构造变形相分析的基本思路就是构造几何学与岩石流变学的结合。它既要求构造研究人员从野外露头实际出发，形、位、样、量地全面解析构造形貌及样式，作出变形和变位的几何解释；又需要充分利用物理冶金学、流变学及地球物理学的理论、实验及测试数据，定量地对岩石圈、区域构造及小、微构造的构造样式、流变行为、物理化学环境以及力学和动力体制下热力学演化过程进行切实的分析。它一方面要求借助当代的技术，测试诸如温度、压力、剪应力、应变速率及流体成分等改变岩石变形习性的量值，用以确定岩石变形时的力学性质；另一方面，又要求提高野外地质构造认识水平，在天然露头上去探寻其构造的成因线索。要作到这一点，就必须像马杏垣教授所倡导的那样：首先是武装野外地质人员的头脑，使他们有一个正确的哲学基础。用先进的构造方法学和构造观，去提高地质工作者认识地质构造现象的能力，包括观察、分辨、分析和处理构造的能力（马杏垣，1983）。作者著述本书之目的，也源于这一宗旨。

三、变质构造地质学的研究目的和研究能力的训练

在变质岩区工作，不管目的如何，成功的先决条件是对岩石单位的几何结构和相对时代关系以及变形和变质事件的透彻了解。这意味着地质工作者应该首先完成：(1) 露头分析；(2) 变质条件的估计；(3) 区域事件表的建立；(4) 局部地段和区域的构造演化；(5) 岩石单位、大型构造和变质相、带的区域三维结构展布的建立。并将这些内容鲜明地展示在剖面图、立体图解、表格上，尤其是地质图上 (C. W. Passchier, 1990)。整个野外研究的活动系列是极其重要的基础工程，这项工作似乎并不深奥，然而却要求从事者具有很强的认识构造能力。正如作者之一在《浅论构造地质学的教学方针》(傅昭仁, 1993) 一文中所提出的：“学生在学习构造地质学的基础知识以后，能够掌握构造解析的方法和原则，使之有能力去分析复杂的地质构造现象，从形(形态)、位(位态)、样(样式)、量(应变的大小)等四个侧面去观察、描述和分辨构造，并分析其总体及其内部组构；辩证地统一处理空(间)、时(时间)、力(作用力)、物(变形岩石的物性和物态)、境(构造变形的背景和环境)等五个变形要素的关系。从而增强其构造实践的能力。因此，在学习本教材的过程中，应该结合变质构造知识的传授，有意识地加强下列几个方面能力的训练。

1. 观察构造的能力

变质构造的复杂性本身，客观地决定观察者应具有较高的构造知识水平和能力。敏锐的观察应是变质构造地质学家的天性。尽管获取构造认识的方法随目的而不同，但野外和室内对变质岩石的构造观察仍然是最根本的。多尺度和多层次的构造观察能力应是一切从事变质构造研究人员的基本素质。须知，尺度和层次是解析构造的经纬。对不同尺度和层次的构造有不同的研究任务，有不同观测手段和方法。然而天然地质构造现象却是一个不同尺度和不同层次的构造综合的有机整体。在一个地区的构造调查中，越能从多尺度和多层次上去观察、描述和类比，就越能对研究对象作出更为全面的认识，从而得出本质的结论。

观察构造的几何特征是研究构造的基础，强调空间概念的建立，强调灵活运用不同坐标系对构造三维形象的调查是完全必要的。对变质构造的研究来说，要作好这一点，还必须在头脑中建立地质构造相互联系、运动、发展和演化的观念，掌握岩石递进变形和转换变形的基本原理，具有区分强、弱应变和新生、残余构造的能力，要在死的露头上找到活的成因线索，使之能运动地把变质岩石的构造当作一个演化序列的物质反映来观察和描述，知道其在构造组合中的地位和作用。使学生逐步掌握“窥一斑而识全豹”的构造观察能力。

2. 分辨构造的能力

分辨构造，首先要求地质构造工作者系统地掌握前人总结出来的各类构造的基本特点，用以鉴别天然构造的性质及其类型。但更重要的，是掌握“类比、求异”的理论和方法。过去在应用“比较构造地质学”方法上比较局限，其缺点在于过分侧重构造几何图像的对比，不大注意其生成环境、运动和构造物质在变形构造体内的组成和组构的调整。事实表明，几何上的相似并不一定成因相似。这就要求深入到岩石变形变质的本质，按变形相分析的原则去类比和求异。作者所提出的“同物异相准则”和“同相异样准则”正是立意于岩石的流变行为主要取决于岩石本身力学性质和变形的物化环境两个控制因素，形物统一、形质统一地去类比和求异构造。

3. 分析构造的能力

分析构造,关键在于掌握以活动构造观为指导的综合分析思路。霍布斯在《构造地质学纲要》中,曾开宗明义地以图解的形式规定了一条研究岩石变形的科学路线。从中我们可以获得这样一条思路:即什么岩石、在什么环境条件下、受什么样的力的作用、在多长时间范围内和以多大应变速率、通过什么样的变形方式才铸成今天这样的地质构造。当然,这是一种直序的思维。正如前面所提到的,构造分析总是从实际观察到的天然岩石建筑物开始。通过分解、类比、求异、反演、组合去探索构造发生、发展的规律性。以完成对天然构造系统的反序分析。本书专篇讨论构造解析的原则和方法,正是立意于给读者以思想武器。

4. 处理构造的能力

处理构造,包含着两重含义。

从理论上,一方面是如何把复杂的地质构造现象分解成不同的单体或要素,分别研究其几何特征、力学性质、变形过程及其环境等等,并对观察的对象进行测量、制图、取样、测试、统计和分析。另一方面,则是把众多不同形态、不同等级和不同序次但具有成因联系的各种构造要素所组成的构造带以及它们之间所夹的岩块或地块,组合而成一个构造的总体。也即是说,应从构造要素、构造建造和构造事件三个方面来处理构造组合。

在实践上,处理构造则必须遵循具体构造具体分析的原则。变质岩构造深层流变的本质,决定了它不能完全采用在沉积岩区构造研究过程中所建立起来的那套处理构造的方法。就最基本的地质填图工作而论,从填图单位的划分、构造几何描述的要求、测量和采样的针对性以及地质图件的表示方法等等,随着变质地质学及变质构造专门制图工作的进展而进入了一个新的时代。当前我国推行的《变质岩区1:5万区域变质填图方法指南》(房立民等,1991),正是试图建立专门适应我国变质地质构造实际的填图方法体系的一种尝试。但这一过程远没有完成。

当代构造地质学正朝着阐明地球构造作用的物理学和化学过程方向发展,无论是哪一个尺度上的构造研究,都在不断加强从物理学和化学规律上来认识构造的形成机制、表征构造的时空分布和演化规律。这一趋向已开始了构造地质学与变质岩石学和变质地球化学在认识地壳和岩石圈的物质、结构和构造上的交叉、渗透和结合。新的变质地质学也相应产生。变质地质学的形成和发展,必将成为研究地球深部构造和地球起源的桥梁。在未来10年、20年、甚至更长的时间里,作为构造地质学和变质地质学交叉的变质构造地质学也必将继续得到迅速的发展,并以它不断形成的新理论、新概念和新方法带动构造地质学及其相关学科的发展,成为认识地球的重要地学科。

目前,地球科学正处于一个开创和改革的新的历史时期。许多似乎是成熟的认识正面临着新的挑战,我们要有勇气去探索那些我们所不熟悉的领域。