

变质核杂岩 及剥离断层的 控矿构造解析

傅昭仁 李德威 李先福 王显达 著



中国地质大学出版社

变质核杂岩及剥离断层的控矿构造解析

傅昭仁 李德威 李先福 王显达 著

中国地质大学出版社

(鄂)第 12 号

内 容 提 要

大陆伸展构造、变质核杂岩体及剥离断层的成矿控制已成为当代矿田、矿床构造地质学及矿产成矿预测的热门课题。鉴于我国当前开展大比例尺成矿预测的形势需要和学科发展的动向,作者及时地编著本书以飨读者。

全书以现代构造分析的理论、方法和实践为主线,在系统阐述各类变质核杂岩构造及其成矿控制理论的基础上,对中条山、月山、桃林等 3 个不同构造型式的变质核杂岩及剥离断层的控岩、控矿作用进行了具体的讨论。

本书可供矿产普查勘探和区域地质调查人员以及大专院、校师生和科研人员参考。

变质核杂岩及剥离断层的控矿构造解析

傅昭仁 李德威 李先福 王显达 著

责任编辑 卢淑英

责任校对 徐润英

*

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山 430074)

中国地质大学出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 7.25 字数 185 千字

1992 年 3 月第 1 版 1992 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—2000 册

ISBN 7-5625-0623 X/P·218 定价: 7.75 元

前 言

大陆伸展构造及其成矿控制的研究是本世纪 80 年代引起人们重视的热门课题。大陆韧性伸展构造系统中的变质核杂岩构造、近水平韧性剪切带、褶皱层构造及低角度剥离断层的认识,标志着大陆层圈拆离构造的研究又进入了一个崭新的阶段,成为探求矿田构造地质学的新理论和建立控矿构造模型的重要方面。

变质核杂岩体及剥离断层的研究始于美国科迪勒拉山系盆-岭构造区。但近年来的研究表明,这种构造型式不仅发育于中、新生代,也可以发育于各地质历史阶段的具有高热点的拉伸构造区(带);而且它并不全是简单的双层结构;同时,在其形成和改造的整个演化过程中对贵金属和贱金属矿产的形成都有不同的构造控制。

我国是大陆伸展构造极为发育的国家,然而 50 年代以来,由于受升降运动主导论和固定论的影响,对水平拉伸作用形成的构造一直未得到应有的重视和认识,有关这方面的研究直到近年来才给予较多的关注。

马杏垣教授是我国当代伸展构造研究的奠基人,他倡导的构造解析构造观和方法学指导了大陆韧性伸展构造系统的理论研究和实践。根据我国当前开展大比例尺成矿预测的形势需要和学科发展的动向,作者撰写此书,目的在于强调伸展构造控矿这一重要现实,并把重点放在变质核杂岩及剥离断层控矿研究上,通过对中条山、月山桃林等 3 个不同变形变质经历和不同构造型式的变质核杂岩区的控矿构造描述,作为由简单到复杂的、不同构造发展及成矿历史的矿田、矿床分析实例,其中重点讨论了以下几个问题:

- (1) 变质核杂岩体的不同构造型式及其演化对内生多金属矿床的成矿控制;
- (2) 探层次大规模流变构造对变质岩矿区地层及岩石的改造,建立变质岩矿区的构造地层单元;
- (3) 剥离断层的形成和演化对成岩、成矿过程的重大作用;
- (4) 断面褶皱对矿产富集、储集的影响,重新认识变质岩区容矿褶皱的变形样式和空间位态特征;
- (5) 近水平韧性剪切带及其演化,蚀变断裂及蚀变构造岩的厘定及其找矿意义。

本书是作者参加国科“七五”科技攻关项目《中国东部隐伏矿床研究》和国家科委引导性项目《全国固体矿产成矿预测系统综合研究》,应用构造变形分析的理论和方法,在中条山、月山和桃林等矿区矿田、矿床构造专题研究成果基础上编写而成,篇幅的多少依矿区地质构造的复杂程度和资料状况而不同。参加攻关的同志除中国地质大学(武汉)地质系、矿产系师生外,还有山西省地质矿产局 214 地质队、山西省地质科学研究所、安徽地质矿产局 326 地质队、武汉化工学院桃林实习队的同志。书中的许多工作和认识有赖于宋鸿林、王定域、冀树楷、单文琅、李紫金、熊鹏飞等同志的长期合作、帮助和指导;有赖于王增春、汪劲草、谭少华、杨勇、岑博雄、胡如权、韦必则等硕士研究生的专题研究,可以说本书是集体劳动的成果。

本书采取分工执笔、统一编著的方法:李先福编写第三章,李德威编写第四章,王显

达编写第六章，傅昭仁编写第一章、第二章和第五章，并统编全书。罗森桓同志不仅始终参加全部野外工作，而且负责大部分图件的修、绘工作。此外，工作中还得到有关项目办公室同志，特别是李文祥、朱裕生同志的大力支持。潘利同志清绘了大部分图件。在此向有关单位和个人一并致谢。

限于作者水平，书中肯定还有不少缺点和错误，敬望读者批评指正。

作 者

1991年5月于武汉

目 录

第一章 概论	1
第二章 大陆伸展构造及其成矿控制	6
第一节 伸展构造在基岩中的表现型式	6
第二节 变质核杂岩构造	10
第三节 变质核杂岩及剥离断层控矿的理论基础	13
第三章 湖南桃林铅锌矿田控矿构造解析	17
第一节 桃林矿田构造研究概述	17
第二节 幕阜山变质核杂岩西北缘构造特征	18
第三节 桃林含矿剥离断层构造解析	20
第四节 桃林剥离断层控矿作用	23
第五节 剥离断层控矿模式及矿产预测	26
第四章 安徽月山铜铁矿田控矿构造解析	28
第一节 区域构造基本格架	28
第二节 洪镇变质核杂岩体的厘定	32
第三节 多层次滑脱剥离系及其与区域矿产的关系	34
第四节 月山矿田矿床构造	44
第五节 构造控矿模式	46
第五章 山西中条山胡篋型铜矿田的控矿构造解析	49
第一节 胡篋矿田地质构造研究概述	49
第二节 中条多期复合变质核杂岩体的厘定	51
第三节 中条剥离断层系统	54
第四节 中条群的构造地层学	58
第五节 上玉坡褶皱体内侵入岩的构造分析	63
第六节 中条群下部褶皱层的双重构造和“篋子沟”含矿岩系的构造解析	73
第七节 上玉坡叠加褶皱系统	76
第八节 浅层次脆性破裂构造	79
第九节 胡篋矿田成矿的构造控制及模型	81
第六章 山西中条山篋子沟铜矿床的容矿构造解析	87
第一节 概述	87
第二节 矿区面理双重逆冲构造及铲形正断层系	88
第三节 篋子沟Ⅱ矿体群的构造解析	97
第四节 工业矿体的就位构造分析	105
参考文献	107

第一章 概 论

在我国开展的新一轮固体矿产的勘查工作中,当代科学技术密集型的理论找矿,已经成为我国东部开发程度较高地区的主要工作内容。尤其是在经过长期勘查和开采的知名矿区,不采用当代最新理论和科学技术,加强科学研究,一般很难进行有效的预测评价和进一步勘探、使老矿山焕发生机。

当代的科学找矿,不仅表现为最新技术方法和测试手段的全面应用,将各种实测的、遥感的、测深的成果进行全面的分析,把各种地质的、物探化探的成果定量化,将各种信息转换为电脑的语言,采用人工智能,有效地对多种成矿控矿因素及找矿标志进行全面的分析;而且更重要的还表现在不断用当代地球科学的理论和实践,武装广大地质工作者的头脑。大量事实表明,不了解近一二十年来地球科学的革命性进展、满足于已经老化的知识,引进再多的技术手段和投放再多的劳动,都不可能获得应有的效果、建立起真正能指导找矿的地质概念模型和找矿模型。

目前,找矿工作中随着可以发现的露头矿、浅部矿的日益减少,隐伏矿床已成为主要的普查找矿对象。因此,除了采用行之有效的物化探等方法以外,基础地质矿产的新一轮研究更迫在眉睫。其中,在建立一个地区的成矿系列和某一类矿田或矿床的成矿控矿模式上,构造的研究已经日益被认为是一个起主导作用的课题。不完全统计资料表明,在我国许多内生金属矿床的勘查工作中,遇到的绝大多数困难属于矿田、矿床构造方面。

现代研究表明:矿田、矿床构造研究是进行矿产成矿预测和建立成矿系列、成矿(控矿)模式的重要基础,它直接关系到矿产成矿预测的科学性和准确性。然而,遗憾的是,目前国内出版的一些用以指导矿田和矿床构造研究的专著或教科书里,构造地质方面的理论基础仍然桎梏在“浅层次挤压体制”的范围,仍然停留在构造与矿产之间就事论事的几何描述。特别是国内许多构造复杂的矿区,尤其是变质岩区的构造研究仍停留在 50 至 60 年代的水平。当代迅猛发展的一系列构造变形理论和构造解析方法远没有得到应用。我们工作的几个老矿区所暴露出来的问题表明,矿区勘查工作裹足不前的一个重要因素是构造研究薄弱。因此,有意识地引进现代构造分析的理论和方法,重新进行新一轮的矿田和矿床的地质构造研究,对矿区重新填绘新一代地质矿产图或构造矿产图,进而阐明各种构造形迹发生、发展的演化及其对成矿的控制,用以建立起矿区控矿构造的模型,已经成为矿产成矿预测和找矿的当务之急。

现代构造分析是国际上从 70 年代才大规模兴起的构造研究方法,它的实践主要是在元古宙及显生宙中、浅变形变质带的构造研究,因而它对中条山铜矿等矿区的构造研究自然有其实际参考价值。

构造解析(Structural analysis)是马杏垣教授多年来反复强调和大力提倡的一种构造研究方法。这种方法抛弃了既往构造地质学单纯描述和堆砌构造现象并进行简单比较的方法,把构造地质学带进了以辩证唯物论构造观为指导的,以现代系统科学方法为特点的多尺

度、多层次、多体制、多因素和多类型构造全方位动态解析的领域。

马杏垣教授曾多次强调：提出解析构造学(Analytical Tectonics)的目的是“要在高度活动的动力地球构造观指引下，用新的构造方法学，去进行新一代的地质构造实践”。他在一般构造解析方法的基础上提出了 8 项基本原则：(1)构造变形场；(2)构造层次；(3)尺度；(4)叠加、置换、序列、世代；(5)构造转化与再造；(6)岩性介质；(7)得失、增减、改组与分异；(8)构造组合。这些原则体现了探索构造现象内在联系和相互制约规律性的矛盾对立统一的思想 and 具体问题具体分析的辩证方法。

构造解析方法的理论基础是活动的地球观，通过对复杂地质体的解析与综合，力求在运动地描述地壳各类构造事件的序列和过程中，去探索地质构造发生和演变的规律。应用这种方法，不仅使许多过去公认研究详细的地区，如欧洲阿尔卑斯、我国北京西山的地质构造认识为之一新，而且近年来应用到区域地质调查及矿床预测上也取得了很大的效果，挽救了不少危机矿山(如加拿大新布坎斯威克铜矿)，找到了不少大型乃至特大型的矿床(如美国盆岭区的 Au、Mn、Pb、Zn……矿床)。

这种方法认为：迄今展示在人们面前的各种构造现象都是地壳运动历史的综合记录。因而对它的认识也自然是一个多尺度、多层次、多因素和多体制的系统工程，应用这种方法首先是结合不同尺度的构造观测，把各种复杂的地质体加以分解，把它分解为各种简单的构造要素或构造单体去进行研究。使之有利于作出几何学和运动学的全面描述，他之能在形成机制上和变形环境上得出具体的理解，然后再把构造的各个方西放回到地壳演化的进程中去，看它们在各构造世代的岩石变形中，各占什么地位，各起什么作用，各属哪一构造变形层次和哪一体制的变形场以及各为哪一种环境因素所制约。进而才有可能把一个地区的构造发展序列和相应的古构造型式建立起来。

现代的矿区构造解析成果表明：固体矿产的生成虽然因素复杂，但它同样是一个地区地壳演化过程中地质构造发展到某一阶段的必然产物，是矿源物质、热源动力和地球化学溶液媒介与导矿、容矿构造的必然结合。因此，用现代构造分析方法研究矿田、矿床构造就必须一反过去那种单纯地作储矿构造的几何描述，把立足点放在整个构造序列的演化与成矿总过程之间的运动学和动力学的联结上，摆脱对矿田、矿床构造的就事论事的讨论，把它与区域构造和显微构造的研究结合起来。只有这样，才能弄清楚哪些世代的构造是作为成矿的“场地准备”；哪些世代的构造控制矿源、热源或水源；哪些世代的构造直接有利于工业矿床和矿体的形成；而哪些世代的构造仅对矿床或矿体起着改造、保护和聚集的作用。只有这样，才能在成矿预测工作中，建立起动态的、概念的控矿构造模式，而不是静态的、经验的含矿构造的几何图象，使之在同类矿床的寻找和远景评价工作中，收到“窥一斑而见全豹”的效益。

关于构造解析的原则和方法的全面论述，请参阅作者与单文琅、宋鸿林、任建业合著的《构造变形分析的理论、方法和实践》一书。对矿田构造的解析一般也遵循图 1-1 表述的流程，但其侧重点可归纳为以下 4 个方面：

(1) 鉴别含矿地质体及其所在矿区岩石的构造变形习性和物理、化学性质，以确定预测区内各类变形岩石及其生成环境对构造变形和成矿作用的影响。

(2) 解析矿区各类岩石的内部构造要素，从构造的形态、排布、样式及应变状态等几个方面全面地进行构造几何学和运动学的分析。从单个要素发生、发展、复合和转化等继

续不断的变化中,详细研究其构造的形成过程,特别要花大力气解析构造置换的类型、方式和程度,以及各类岩石的构造变形分解和变质分异过程。

(3) 在判定各种构造变形面的性质和填图单位的基础上。查明矿区内叠加褶皱的干扰图象和构造叠加的方式和类型,识别断层或韧性剪切带的复合错动现象,特别要十分重视断面(剪切面)褶皱和相交面褶皱的变形形迹。确定岩体形状、产状和接触关系的同时,要特别注意岩体内部的结构构造,这样,才能在全面查明各类地质体的构造关系的基础上,厘定和理顺矿区地层或含矿岩系的构造地层层序,矿源地质体和热源地质体的构造特征,以及导矿、容矿构造的几何形态和性质。

(4) 建立矿区构造演化序列,并按照不同构造发展阶段中构造变形作用与成矿作用的关系,阐明各世代构造在矿床生成的准备、形成、演化和改造等方面的地位和作用,动态地将一个矿区的构造序列与成矿序列联系起来,从构造动力成岩、成矿的角度,建立起矿田或矿床的控矿构造模型,对矿区找矿远景作出矿田、矿床构造的评价。

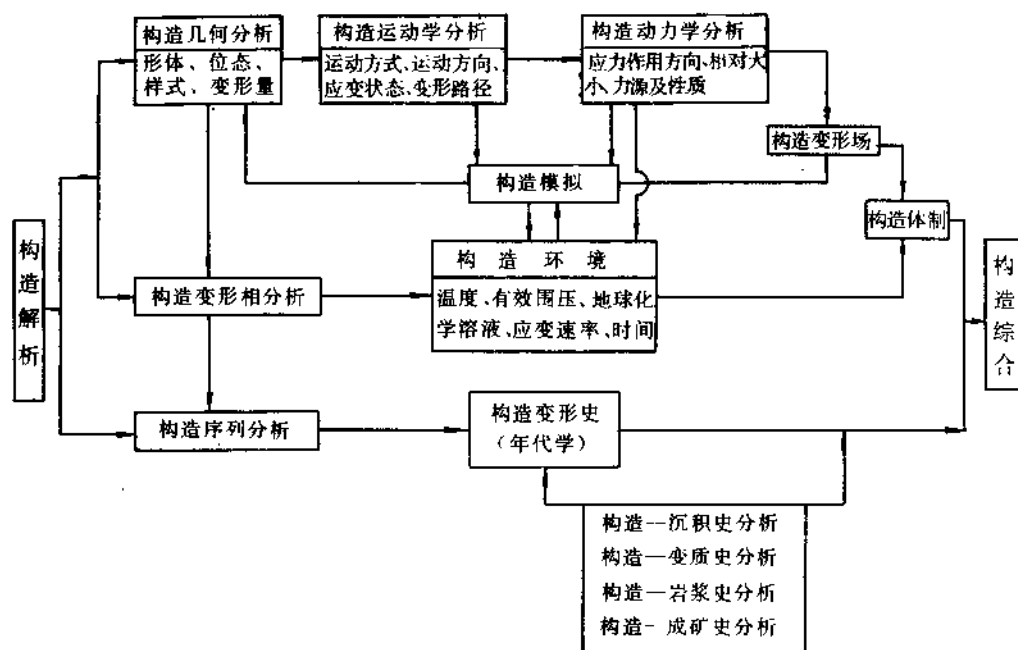


图 1-1 构造解析内容及方法流程

现代构造分析强调,任何一场构造运动所铸成的构造都是由不同尺度、不同类型的构造组成的一个统一整体,也相应形成不同规模和不同类型的矿床和矿田组成的成矿系列。因此,成矿预测工作的地质构造研究自然应包括大型、小型及显微尺度的构造分析,3种不同尺度的构造研究虽然任务、技术方法不相同,然而目的是共同的,即:(1)揭示地质体和含矿地质体内部结构构造的规律性及其发展历史;(2)探讨矿田、矿床形成的地质构造条件及其就位的时空规律。因此,对矿区的构造研究同样需要多尺度地进行,以便弄清不同等级和不同时期控矿构造之间的相互联结,特别是对构造复杂错动、多期变形变质带

的矿田、矿床构造分析，一般更需要从地表和地下的小型构造入手，认真解剖各构造要素在构造不同发展阶段的表现，详细解析它们的天然构造模型，并配合区域构造的和显微构造的研究，建立控矿构造模式的任务才能完成。因此我们在对中条山铜矿等几个矿区的矿田、矿床的构造解析工作中自然相应采取了如下技术措施：

(1) 用新的构造观及当代构造地质学的最新科学认识，“去粗取精，去伪存真”地重新评价和应用前人的资料，熟悉区域地质构造背景，有针对性地进行矿区外围踏勘，但这种踏勘在路线上仍然是多尺度的。在重新认识大型控矿构造型式及成矿区基本构造格架的基础上，进行中、小比例尺编图工作。

(2) 在矿区(必要时包括其周围)进行详细的地质构造测量，这项工作应以野外中、小型构造的观测为基础，采用 1: 10000 或更大比例尺的底图，详细填绘地质界线及各种构造要素。特别是在勘探和开采区段，更应按坑上剖面与坑下穿脉相吻合的布置原则，地表制图与深部不同中段编图相配套的原则，三维地再现其几何形态和位态。在更大范围内，必要时还需要进行 1: 50000 或 1: 25000 构造填图(或编图)。

在完成上述技术措施过程中，不仅强调弄清各类构造要素的形状和产状，而且更要求系统地对构造的样式进行全面的描述，在有条件情况下，还要求对变形岩石的应变状态进行估量，只有这样，才有可能真正地掌握构造的特征，认识它们的几何性质，才有素材进行进一步的有关变形环境和变形方式的讨论，才有可能把大小尺度的构造联系起来，并取好定向样品，在室内进行显微构造的分析。

(3) 全面进行显微构造分析。显微构造是通过光学手段解析构造的方法，它通过岩石颗粒及其光轴或劈开面、双晶面的优选方位，颗粒组构的均匀性和对称性，各种显微变形标志和运动学标志，以及结晶作用和不同构造要素发展的时空关系的细观测来深刻认识中、小型构造的本质和成因，加深对矿田、矿床构造变形机制的理解。而在这方面，我国大多数矿区的研究都十分薄弱，有的甚至空白。因此，研究中应始终采取中小构造与显微构造认识反复印证的方法，一年一度地反复进行野外及室内的检验，从而使许多感性认识转变为理性认识。

矿田和矿床构造研究的基本任务是阐明矿田和矿床范围内构造作用对矿床形成和矿化分布的控制，并查明矿化在空间的分布规律。正如翟裕生教授所指出的，这一概念“既包括构造形迹和岩石组构特征，又包括控矿构造的形成机制和发展历史”。我们要在矿田、矿床构造中阐明矿床在矿田中的分布规律，阐明矿体，包括富矿体在矿床中的分布规律，除了切切实实地对矿区各种地质构造现象和资料进行观察、分辨、分析和处理外，还必须扩大和缩小视域，在更大范围内去认识矿床成矿的构造背景和在更小露头、手标本乃至显微或超微视域上去研究其形成的机理。在我们这样一个微板块构造极为发育的国家，我们除了要关注板块或 / 和陆板之间的拼合、碰撞、走滑外，还应十分重视它们之间的分离与拆离；除应重视收缩构造、推覆构造、走滑构造的控矿构造研究外，还必须重视伸展构造和剥离构造的研究。事实上，地壳的运动总是平垂转化、伸缩交替、左右(或上下)平衡、得失互补的，一个矿带、一个矿田的形成首先决定于它所在的地质构造环境，因为“构造活动既是成矿作用的一个基本条件，又是成矿作用的组成因素”，它在矿床发展的各个阶段都有影响。在我们这样一个地壳频繁活动和地质构造十分复杂的国家里，如果我国的矿田构造地质学家们不全面去探讨各成矿地块及山链的多次“伸、缩、剪、滑”；只注意浅层

次和挤压体制下构造控矿而不重视深层次和伸展体制下构造控矿；只注意走滑平移构造对成矿的控制而忽视水平剪切作用在矿床形成过程中的重大影响，那么，可以断言，我们所研究的矿床(大到矿床在地壳中分布规律，小到矿体形态、产状和矿石类型的变化)都不可能得到科学解释、建立起比较符合实际的模型。我们撰写本书的目的，正是为了引起人们对伸展体制控矿作用研究的重视、了解深层次构造活动和变形对工业矿体的形成的意义。

第二章 大陆伸展构造及其成矿控制

马杏垣教授在论述伸展构造时指出：“伸展构造发育于岩石圈演化的所有阶段和广泛不同的构造环境”，而且强调：引张作用不仅造就了全球范围的构造现象，而且其规模甚至比挤压构造变动还要大。在大陆范围内，引张作用不仅产生区域性和局部性裂隙，而且在地壳较深构造层次上，还表现为地壳或壳下的韧性流动带。这一认识，不仅在构造地质学科内带来了一场从“浅层次挤压体制”的桎梏下解放出来的革命，而且也奠定了大陆伸展构造控矿研究的理论基础。正如 A.H.G.米契尔所说的那样：“构造环境是控制矿床类型、矿床变形以及保存潜力等方面的主要因素”。特别是近年来，人们逐渐认识到，大陆伸展环境对成矿控制的重大意义。有关大陆热点、裂谷带成矿控制研究的成功，变质核杂岩构造及低角度正向剪切滑脱构造控矿研究高潮的兴起，促使人们考虑，矿产成矿预测的工作中，在矿田、矿床构造的研究领域内，如何建立伸展构造的控矿模型。为此，提出了如何正确识别大陆伸展构造在基岩中的表现型式，以及构造变形与矿床的形成和富集乃至藏储的关系问题。

第一节 伸展构造在基岩中的表现型式

伸展构造在基岩中的表现，取决于其形成时的构造变形相及岩石的变形行为，它在大陆岩石圈 3 个不同构造层次上均有不同的表现(图 2-1)。根据北京西山、安徽月山、山西中条山及我国中、新生代广大地区所表现出来的大陆地壳伸展构造的不同表现，宋鸿林等(1987, 1991)归纳为 6 种型式：

一、高角度正断层系

主要发育于地壳上部脆性剪切变形域，表现为一系列的线性脆性破裂面(带)(图 2-2)。在我国东部最经常的表现是：地堑、半地堑、抬斜断块、盆岭式构造和山前断裂，由一系列正断层及其组合构成。这种构造在晚近时期常造成山区与平原(或盆地)的差异升降，如太行山东缘华北平原的基底构造，长江中下游白垩—第三纪以来盆岭式构造，至于中条山变质基底与西洋河期不变质(成弱变质)盖层的构造分界，则可以看出是中元古时期古盆岭式构造的典型。

二、剥离断层

脆性剪切变形域中的高角度正断层，向深处常成铲形而变缓，最后可联合成一个较大规模的低角度正断层，或称剥离断层。它是伸展构造在脆—韧性过渡域中的主要表现。剥离断层(Denudational fault)是 R.L.Armstrong(1972)用来指美国西部盆岭区的低角度正断

层，意指它使浅层次的新岩石直接盖于较深层次的老岩石之上。就像地面的剥蚀作用使下面的岩石逐渐出露于地表，亦即构造剥离作用使地壳深部的岩石逐渐上升而出露于地表。

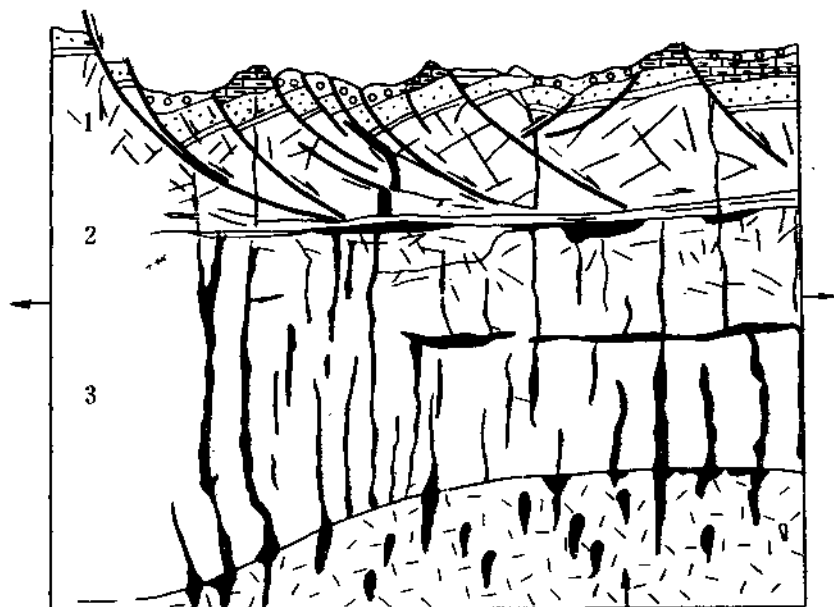


图 2-1 伸展构造的地壳结构模式

(据 G.P.Eaton, 1980; 马杏桓修改, 1982)

1. 沉积岩盖层; 2. 韧性壳层(糜棱岩化和热动力变质带); 3. 深熔花岗岩高级变质基底

G.H.Davis 及西方一些学者在论述盆岭区的低角度正断层时称作 Low angle detachment fault, 有时简称 detachment fault, 在译成中文时, 有时称滑脱断层, 有时称拆离断层。Detachment 或法文 Decollement 是泛指沿底断层的滑脱, 可用于伸展构造, 而过去常用于指挤压构造中的底部滑脱, 如推覆构造的底滑脱面和侏罗山式浮褶的底滑脱面。而拆离一词, 中文已用来代表 Decouple, 这是指阿巴拉契亚式的地壳大型层圈式滑动, 所以我们建议用剥离断层一词来指这种大型低角度正断层, 它意味着构造的剥蚀而使老岩层接近地表。

剥离断层上下两盘岩石在变质程度和变形机制上常有明显的差异。一般下盘岩石早期受到普遍的糜棱岩化, 而接近剥离断层而又受到脆性破裂, 形成碎裂的糜棱岩, 上盘岩石的变形和变质作用都较下盘为弱。

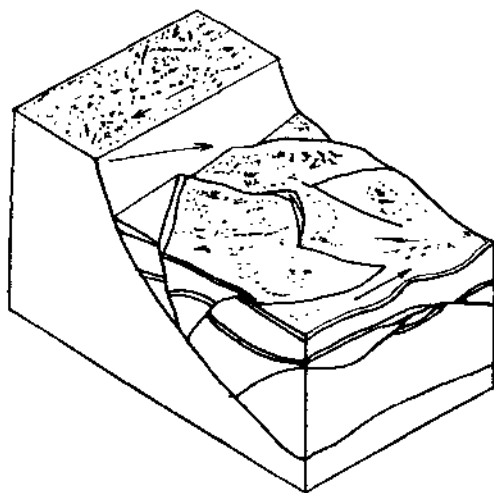


图 2-2 在一弯曲斜滑拉伸断层上盘断块中发育的逆断层和正断层模式

表 2-1 剥离断层与冲断推覆构造之差异

	剥离断层	冲断推覆构造
地层层序	地层缺失,使地层柱变薄	地层重复,使地层柱增厚
运动方向	上盘相对下滑,水平伸展	上盘相对上冲,水平收缩
糜棱岩发育	主要在下盘	主要在上盘
变质相带	变化迅速,从上盘不变质或轻微变质可突变到下盘的中、深变质相	造成变质相带的重复和倒置
伴生断层组合型式	抵斜断块	叠瓦状冲断层

古老的剥离断层,由于后期挤压体制下的变形,可以被褶皱而使其产状变陡,甚至倒转,它的识别标志在于,它常与其一侧老岩石的面理接近平行,与另一侧较新地层的层理有一轻微交角,这一交角有时在露头上

难以发现,但通过详细制图,可以发现上部较新的岩层常以不同层位与下伏的基底相接触。另一重要特点在于它造成了部分地层柱在剖面上的缺失,使浅层次的年轻岩石直接盖于较深层次的老岩石之上。由于它的角度低、滑移距离大及常伴有糜棱岩化等特点,使人们经常把它与推覆构造相混淆,其主要区别可归纳如表 2-1。

三、岩层的普遍变薄与糜棱岩化

原始近水平的层状岩石,在达到固态流变相的韧性域中,受到水平伸展,最显著的表现是岩石受到强烈的韧性变形而变薄。利用应变测量,可以定量地估算其变薄的程度。椭球的 Z 轴都与原始层理或顺层面理近于垂直,这种应变的特点以平面应变为主,岩石中常发育明显的面理及拉伸线理,是典型的 S-L 构造岩。

强烈的垂向压扁作用,反映在岩石内部构造上是普遍的糜棱岩化。基底岩石常形成眼球状变余糜棱岩、条带状构造片麻岩及片岩,其糜棱面理大致平行于基底与盖层的界面。卷入伸展构造的变质盖层岩石亦显示出明显的糜棱岩化,特别是大理岩的糜棱岩化最值得关注。这些碳酸盐岩糜棱岩,形似“纹带状灰岩”,过去常被错误地认为是水平的微细层理,作为沉积相分析的标志。

总结各地区的碳酸盐岩糜棱岩的特征,可得出以下几点(其中不少特征亦为石英质糜棱岩所具备):①小尺度上的典型特征是不仅具流纹状的糜棱面理——流状构造(Fluxion),而且具有明显的矿物拉伸线理——典型的 S-L 构造;②平行面理常发育有同构造分泌脉,这些脉在递进变形的后期可与面理一起形成片内褶皱,或成无根勾状褶皱;③局部可见原生层理 S_0 的残余,有时与糜棱面理平行,有时形成片内褶皱而被糜棱面理所交切;④岩石强烈细粒化,但有时可呈细晶粒条带和粗晶粒条带相间,反映宏观的面理。细粒的粒度可达 $5\mu\text{m}$,需要在超薄的薄片下进行观察;⑤在细粒的基质中可见到不同粒度的粗晶粒形成的残斑,围绕残斑可形成单斜对称的压力影或结晶拖尾,形成 S-C 构造,指示剪切运动;⑥细粒基质可具有晶体形态组构或晶格优选方位,其定向与面理斜交,形成单斜对称的组构,可指示剪切运动方向;⑦在强烈应变的条件下,细粒基质可具轻微的形态组构而不具晶格优选方位,达到超塑性流动状态。

这种伸展条件下形成的糜棱岩的特点之一是其糜棱面理常与大套地层的界面近于平行,这也是过去在变质岩区把面理误认为沉积层理,把流状构造误认为微细水平层理的原因之一。因此,认识这种顺层糜棱面理的存在,在认识伸展构造及正确建立区域构造及其演化方面具有极为重要的意义。

四、相对强硬层的香肠化和缺失

当地层柱中不同岩性的韧性差较明显时,相对强硬层在伸展拉薄的过程中,常表现为强烈的香肠化或透镜化,强硬岩石本身亦可受到不同程度的糜棱岩化,更明显的是常使整组地层沿走向断续出现,从而造成部分地段缺失该组地层,但上下岩层之间并不表现出明显的断层迹象(图2-3)。由于受到递进变形的影响,常常可以形成硬岩层的香肠化与无根勾状转折端的并存,不仅见于手标本上,亦见于中小型尺度上。

五、褶皱层构造

褶皱层是韧性伸展构造系统中最重要的成员。所谓褶皱层是指在地壳较深构造层次,在伸展构造体制的水平分层剪切流变机制下,原生成层岩系发生变形-变质作用而形成的一套基本上能按时代新老划分大套层序,但在本质上又是经过构造重建,发育有以顺层韧性剪切带和顺层掩卧褶皱为主体的固态流变构造群落,并历经强烈递进变形、由新生的平行面状构造横向置换原生层理而形成的崭新的构造-地层综合实体。实际上,褶皱层中可以包容全部韧性伸展的构造形迹,因而是研究基岩中伸展构造表现型式的基础。

根据褶皱层内的构造特征及横向构造置换的程度,可以划分不同岩性段的构造地层型,并作为划分变质岩系构造地层单位的构造标志。在我国广泛出露的中、浅变质岩系褶皱层中,依据组成岩层的能干性差异、构造型式,以及横向构造置换程度,可以划分出3类5型构造地层型(图2-4):

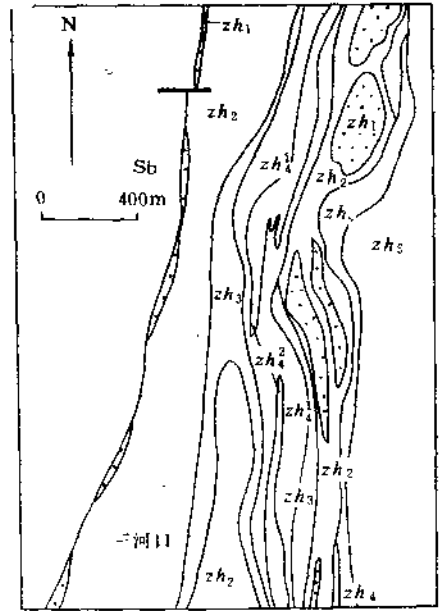


图2-3 中条山中段三河口附近地质图
Sb 黑云片岩; Zh₁ 昇牌梁石英岩;
Zh₂ 龙峪钙质片岩; Zh₃ 余元下大群岩;
Zh₄₁-Zh₄₂ 簏子沟片岩; Zh₅ 余家山大理岩

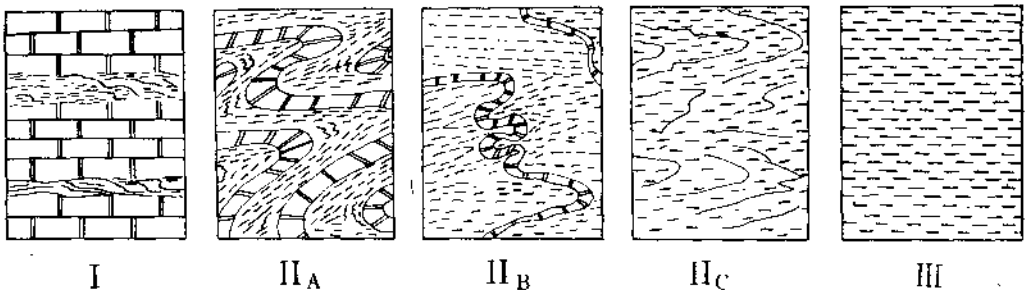


图2-4 褶皱层的构造地层型

(说明见正文)

I 类: 分划性顺层韧性剪切带

II 类: 链状顺层掩卧褶皱带

II_A 型: 半协调顺层掩卧褶皱带

II_B 型: 不协调顺层掩卧褶皱带

II_C 型: 协调顺层掩卧褶皱带

III 类: 透入性顺层连续劈理带

I—III 类依次代表了岩石能干性由强到弱、构造变形强度和横向构造置换程度由弱到强的变化系列。在不同构造地层型的发育过程中, 层间顺层韧性剪切带起着边界条件的作用。虽然在层型内部原生成层顺序被不同程度地打乱了或泯没了, 但是并不牵动和扰乱大套层序, 因而可以建立起它们的构造地层系统。显然, 这种变质构造地层单位已经部分或大部分丧失了原生地层的成层构造特点, 不可能机械地套用沉积岩区的常规填图单位划分原则和填图方法, 所以必须依据“以恢复原岩为基础、以构造解析为主导的构造地层学准则”。构造地层学准则的建立, 对于大、中比例尺的地质制图具有重要的指导意义。

六、岩墙群及其它拉伸条件下岩浆活动

除了上述 5 种构造上的表现型式以外, 区域的岩浆活动亦常能够反映地壳的伸展作用。马杏垣教授在论及伸展构造的类型时指出, 岩墙群亦是一种伸展构造组合。伸展构造引起的地壳变薄和张裂为上地幔或地壳深部的岩浆的上升和侵位提供了空间条件。如苏格兰和格陵兰的大量基性岩墙, 反映了地壳的水平伸展, 作为伸展构造典型的变质核杂岩穹窿的核部常有大小不等的中酸性岩的侵入体。

第二节 变质核杂岩构造

变质核杂岩(Metamorphic Core Complexes)及剥离断层都是近年来构造地质学家才认识的一种构造型式。用变质核杂岩体的概念可以对那些在空间上呈穹状或长垣状背斜, 在平面上为不变质或浅变质盖层环绕中、深变质基底的构造进行比较准确的描述。那些零星分布大陆内部不同规模的古老变质核被认为是地壳水平伸展作用下被大规模低角度正断层作用拖拉到地壳上表层次的中、下地壳岩石。它一般由古老深变质沉积岩、火山岩和侵入岩组成, 其中常常发育有同构造期侵入岩或构造期后侵入体。在杂岩核的顶部是以糜棱岩为特征的剪切滑脱带, 发育 S-L 构造岩, 席状滑脱带中缓倾面理和拉伸线理十分发育, 并与滑脱带平行。糜棱岩带的顶部多为大型低角度正断层——剥离断层所切削, 使上盘盖层岩石与变质核成分相接触。邻近断层形成一退变质的绿泥石化的碎裂岩及微角砾岩带, 反映深部岩石被拖拉到脆-韧性过渡界线后的变形(图 2-5)。

关于变质核杂岩体的概念, 目前国内比较混乱。一种观点认为, 所谓变质核杂岩, 其起源及典型均在美国盆-岭区, 具有该样式的构造才能称为变质核杂岩体, 其时代应该是第三纪, 至多也是中、新生代。另一种观点认为, 所谓变质核杂岩构造, 实际上是大陆伸展构造的一种基本构造型式, 它形成于不同的构造时代, 各有不同的演化历史和结构, 越是古老的变质核杂岩, 其结构也相应较为复杂。



图 2-5 变质核杂岩模式图

(据 Lister 和 Davis, 1989)

根据目前对国内外已厘定的变质核杂岩构造的内部组成和结构, 我们将板内变质核杂岩构造分为如下 3 种类型。

一、盆-岭型变质核杂岩体

这种变质核杂岩体以美国亚利桑那东南科迪勒拉第三纪变质核杂岩构造为典型, G.H.Davis, P.T.Concy 等曾对它作出过系统的研究。我国东部中、新生代盆-岭式构造发育区, 这一构造也非常普遍, 而且与内生金属矿产有十分密切的联系, 这种从破裂和伸展的土地壳岩石上被拖拉出来的、位于缓倾正断层之下由中或下地壳岩石组成的地质体大体有如下特点(图 2-6):

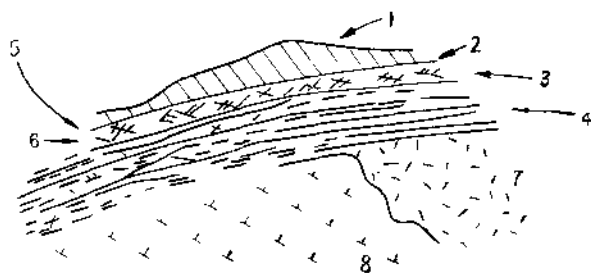


图 2-6 盆-岭型变质核杂岩体的组成和特征

(据 G.H.Davis, 1987)

1. 剥离面; 2. 滑脱面; 3. 滑脱带; 4. 糜棱片麻岩;
5. 微角砾岩化强烈部分; 6. 微角砾岩化糜棱片麻岩;
7. 第三纪石英二长岩原岩; 8. 前寒武纪石英二长岩原岩

(1) 核部杂岩是构造剥离作用由地壳深部抽拉到浅表层次的变质地质体, 由前寒武纪或早古生代中、深变质的沉积岩、火山岩及中酸性岩浆岩组成, 也有中、新生代以后的中、酸性岩浆侵入;

(2) 核杂岩顶部有一变质滑脱带, 使下盘岩石成席状糜棱岩化, 糜棱面理与其上的基底滑脱而近于平行;

(3) 核杂岩与上盘未变质岩石以剥离断层相接触, 邻近断层形成一退变质的绿泥石化的碎裂岩带及微角砾岩(碎粉岩)带;

(4) 由剥离断层造成核杂岩的上盘沉积岩层部分或相当大部分缺失, 使核杂岩得以接近或出露地表, 从而在空间上形成宽缓的穹状或长垣状背斜;

(5) 上盘岩石发生脆性变形, 形成一系列上陡下缓的或铲状正断层系和掀斜断块;

(6) 下盘糜棱岩带的剪切运动方向、低角度正断层的运动方向以及上盘高角度正断层系所反映的区域运动方向具有惊人的一致性, 反映它们是同一伸展应力场的产物, 共同反映出区域拉伸的方向。

盆-岭型变质核杂岩具明显的双层结构, 主要表现为不变质的“冷岩石”直接与变形变