

国家自然科学基金 国土资源部科技司 安徽省地质矿产局 联合资助项目

大别山造山带的 构造几何学和运动学

▷ 徐树桐 刘贻灿 江来利 吴维平 陈冠宝 著



中国科学技术大学出版社

国家自然科学基金
国土资源部科技司 联合资助项目
安徽省地质矿产局

大别山造山带的 构造几何学和运动学

徐树桐 刘贻灿 江来利 吴维平 陈冠宝 著

中国科学技术大学出版社

2002·合肥

内 容 简 介

本书根据作者 1987 年以来,特别是 1996 年以来在大别山北部超镁铁岩带内发现的榴辉岩及其中的超高压变质现象等最新研究成果,将变质岩石学与构造地质学的研究有机地结合起来,以中小型构造分析和岩石学研究作为区域构造研究的具体内容,结合已有的和推测的资料,建立了大别山的几何结构,分析了大别山造山带的运动学特征和构造演化过程,为该区的进一步深入研究提供了新的思路和大量的实际资料。因此,本书反映了大别山的最新研究动态,特别是报道了大别山北部超镁铁岩带的最新研究成果(尤其是超高压变质形成的榴辉岩的发现以及有关岩石学和同位素年代学等方面的研究成果)和建立了不同于以往描述的、但比较符合实际地质情况的大别山几何结构,是第一次全面讨论大别山造山带几何结构和运动学的专著。

本书可供地质院校师生以及构造地质学、变质岩石学、同位素地球化学和大地构造学等方面的生产和科学研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大别山造山带的构造几何学和运动学/徐树桐等著. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2002.6

ISBN 7-312-01490-9

I. 大… II. 徐… III. ①大别山—褶皱带—地质构造—几何—研究 ②大别山—褶皱带—地质构造—运动学—研究 IV. P548.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069580 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 787×1092/16 印张: 8.75 字数: 224 千

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—1 000 册

ISBN 7-312-01490-9/P·55 定价: 32.00 元

前 言

“大别山造山带的构造几何学和运动学”项目(批准号为 49794041)是国家自然科学基金重大项目——“超高压变质作用与碰撞造山动力学”的一个二级子课题,以及国家自然科学基金项目——“大别山北部榴辉岩中可能的微粒金刚石及其大地构造意义”(批准号为 40052002)的研究成果,同时也受到国土资源部(原地矿部)科技司、安徽省地质矿产局的资助,研究期限为 1997 年 1 月至 2001 年 12 月。参加全部研究工作的研究人员有徐树桐、刘贻灿和吴维平,江来利参加了 1997~1999 年的工作,陈冠宝参加了 1999~2001 年的工作。参加部分工作的还有余小砢和石永红。合作单位的研究成果不包括在本书中。本书第 1 章 1.4 节由刘贻灿编写,1.7 节由吴维平编写,其余由徐树桐编写,最后由徐树桐审查、修改定稿。刘贻灿负责编辑出版工作,插图由陆益群绘制。

在本书成文过程中,常印佛院士、张国伟院士、袁学成教授、钱祥麟教授、金振民教授以及何义权和储国正教授级高工对书稿提出过宝贵意见,作者表示衷心感谢!

作 者

2002 年 5 月

目 录

前言	I
绪论	1
第1章 构造-岩石单位的划分(南北八带结构)	4
1.1 后陆磨拉石盆地	4
1.2 变质复理石	6
1.3 中朝与扬子大陆之间的缝合带	8
1.4 潜山—英山—新县榴辉岩带	30
1.5 太湖—红安—宣化店榴辉岩带	47
1.6 扬子大陆俯冲基底——大别杂岩	53
1.7 扬子大陆俯冲盖层——宿松群和张八岭群	56
1.8 前陆带	68
第2章 主要边界剪切带和断层	74
2.1 走向近东西的剪切带和断层	74
2.2 南北向的剪切带和断层	81
第3章 大别山造山带的几何结构	83
3.1 东、中、西三段结构	83
3.2 垂向四层结构	84
第4章 大别山造山带的运动学特征	89
4.1 不同构造-岩石单位内中小型组构的构造解析	89
4.2 宏观运动学特征	100
第5章 构造演化	106
参考文献	108
英文摘要	121

Contents

Preface	I
Introduction	1
Chapter I Petro-tectonic units (eight belts from north to south)	4
1.1 Hinterland molasse basin.....	4
1.2 Meta-flysch.....	6
1.3 The suture between Sino-korea and Yangtze continents.....	8
1.4 Qianshan-Yingshan-Xinxian eclogite belt.....	30
1.5 Taihu-Hong'an-Xuanhuadian eclogite belt.....	47
1.6 Underthrust basement of the Yangtze continent.....	53
1.7 Underthrust cover of the Yangtze continent.....	56
1.8 Foreland belt.....	68
Chapter II Major boundary shear zone and fault	74
2.1 Shear zones and faults striking E-W.....	74
2.2 Shear zones and faults striking N-S.....	81
Chapter III Architecture of the Dabie Mountains orogen	83
3.1 The three segments texture from east to west.....	83
3.2 The four horizons texture in vertical sections (perpendicular to the surface)	84
Chapter IV Kinematics of the Dabie Mountains orogen	89
4.1 Structural analysis of mesoscopic fabric elements.....	89
4.2 Kinematics on regional scale.....	100
Chapter V Tectonic evolution	106
References	108
Abstract	121

绪 论

对大别山的专题研究始于 20 世纪 80 年代初期, 80 年代末至 90 年代初期研究工作进入高潮, 并取得一系列重要成果, 如柯石英(Xu, 1987; Okay *et al.*, 1989; Wang *et al.*, 1989)、微粒金刚石(徐树桐等, 1991a、b; Xu *et al.*, 1992; Okay, 1992)、石英硬玉岩(徐树桐等, 1991; Xu *et al.*, 1992)、斜钛硅镁石(Okay *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 1995)以及橄榄石中含钛铬磁铁矿出溶(金振民等, 1998)等的发现, 榴辉岩相峰期变质年龄的测定(李曙光等, 1989, 1992; Li *et al.*, 1995, 1998, 2000), 同时还建立了榴辉岩折返的 PTt 轨迹(Okay *et al.*, 1992; Wang *et al.*, 1992; Xu *et al.*, 1992; Zhai *et al.*, 1996; You *et al.*, 1996), 提出了榴辉岩的折返模型, 并估算了折返速率(Wang *et al.*, 1996; Jahn *et al.*, 1998; Xu *et al.*, 1996; 徐树桐等, 1998)。上述研究主要集中在超高压变质矿物、超高压变质带的组成及其中的超高压变质作用方面。虽然构造-岩石单位的划分对于正确认识大别山的大地构造性质非常重要, 但是只有为数不多的专论文章(Okay *et al.*, 1993; 徐树桐等, 1994, 2001; Michel *et al.*, 2001)。涉及构造-岩石单位划分的文章中的意见也很不相同。例如, Wang 等(1994, 1996)将东段大别山划分为北淮阳弧后复理石、北大别弧杂岩、南大别碰撞杂岩和宿松变质杂岩等带; 徐树桐等(1992, 1994)划分为七个构造-岩石单位; 董树文等(1993)划分为南大别和北大别两个单位; Zhai 等(1995)划分为北大别安第斯式弧杂岩、含超高压岩石的杂岩和扬子大陆边缘活化盖层。在上述这些不同的划分方案中, 涉及的有关问题很多, 例如: (1) 卢镇关群和佛子岭群是弧前还是弧后复理石? (2) 有没有一个古岛弧? (3) 超镁铁岩带(UMRB)和榴辉岩带(或超高压带, UHPMB)是不是变质的构造混杂岩带? (4) 中朝和扬子大陆之间的缝合带在哪里? 超镁铁岩带是否缝合带? 如果是, 则其西延部分在哪里? (5) 组成“罗田穹隆”的片麻岩与东段超镁铁岩带的片麻岩是否相当? (6) 商-麻剪切(断裂)带以西的构造-岩石单位如何与东段对比? (7) 有没有两期榴辉岩相变质作用? (8) 有没有榴辉岩相剪切作用或榴辉岩相糜棱岩? 等等。

由于对上述这些各有侧重、但互有联系的问题的了解程度和认识不同, 因而对大别山的几何结构和构造演化的解释也有很大差异。分歧最大的有: (1) UMRB 和 UHPMB 的构造背景以及它们之间的相互关系; (2) 高-超高压带的组成; (3) UMRB 和 UHPMB 有无多期(至少两期)榴辉岩相变质作用; (4) 大别山的几何结构和宏观运动学特征等方面的问题。

关于 UMRB 的构造背景, 主要有两种截然不同的看法。一种意见认为它是古生代岛弧杂岩(Wang *et al.*, 1994), 类似的看法认为它是俯冲带上盘的中朝大陆岩片(Zhang *et al.*, 1996); 另一种看法认为它是变质的构造混杂岩。徐树桐等(1992, 1994)最初认为是变质蛇绿混杂岩, 但因为其中的洋壳组分不多而改称为变质构造混杂岩(徐树桐等, 1998; 徐树桐等, 2001; Xu *et al.*, 2001)。类似的看法认为它是扬子大陆的一部分(Okay *et al.*, 1993), 或扬子大陆俯冲最深的部分(Eide, 1995)。不过, 在 UMRB 中榴辉岩(Xu *et al.*, 1998, 2000)及残留榴辉岩相岩石(Tsai *et al.*, 1998, 2000; Xiao *et al.*, 2001)被发现之后, 已有相当一部分地质学家承认它是变质的构造混杂岩, 因而也是中朝与扬子大陆之间的缝合带(王清晨, 李曙光等, 私人通讯),

但是仍然有人认为缝合带应在 UMRB 之北 (Suo *et al.*, 1999; Michel *et al.*, 2001)。

关于高-超高压带的组成,也有两种意见。一种意见认为,带内岩石都经历过高-超高压榴辉岩相变质作用,都是由榴辉岩相岩石组成的(Wang *et al.*, 1989, 1992; Ernst *et al.*, 1991; Okay, 1993; Zhang *et al.*, 1994; You *et al.*, 1996; Carswell *et al.*, 2000)。这就是关于榴辉岩成因的所谓“原地论”。另一种意见认为榴辉岩是在变为榴辉岩后构造侵位于带内的外来岩石(Cong *et al.*, 1995)中,这是关于榴辉岩成因的“外来论”,因此,带内应有榴辉岩相的岩块和非榴辉岩相的基质两种岩石组成。作者等认为(徐树桐等, 1992, 1994, 1998; Xu *et al.*, 1996), UHPMB 是经过超高压变质作用的构造混杂岩。既然榴辉岩带是构造混杂岩带,则表明带内既可有榴辉岩相的,也可有非榴辉岩相的岩块和基质。榴辉岩相对于榴辉岩相基质可能是“原地”成因的,而相对于带内非榴辉岩相岩石则可能是“外来”成因的。不过,整个榴辉岩带相对于带外岩石,都是外来的或非原地的。因此,不结合榴辉岩带的构造背景,泛泛地讨论榴辉岩的“原地”或“外来”成因,似乎是没有很大意义的。对于榴辉岩带是变质构造混杂岩带的看法,最近有更多的地质学家持赞同态度(Wang, Cong, 2000)。

由于 UHPMB 和 UMRB 内大部分榴辉岩的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为负值,因而大部分人认为这里没有洋壳成因的榴辉岩。但是地质证据表明,中朝与扬子大陆之间应当有过海洋板块相隔。因此,作者认为应当存在着有待发现的洋壳成因榴辉岩或其它洋壳成因的变质岩。实际上,已在不同地点发现有为数不多的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为正值的榴辉岩,例如西段的熊店榴辉岩、汴湾榴辉岩和红安高桥榴辉岩(简平等, 1996)以及东段的饶钹寨榴辉岩(徐树桐等, 2001; Xu *et al.*, 2001)和港河榴辉岩(Schmid, 2000)都是洋壳成因。

关于榴辉岩相变质年龄记录有三种意见。第一种意见认为,榴辉岩相峰期变质年龄为 230 Ma 左右,除此之外的榴辉岩相年龄值都是值得怀疑的;第二种意见以锆石的 SHRIMP 年龄记录为依据,认为榴辉岩相峰期变质年龄为晋宁期(程裕淇等, 2000),印支期的记录为流体改造年龄;第三种意见认为有多期榴辉岩相变质年龄(简平等, 1994; You *et al.*, 1996)。作者等根据板块运动的连续性和蠕变性质认为,应当有古生代和印支期两期榴辉岩相变质年龄(徐树桐等, 2001; Xu *et al.*, 2001)。例如,在西段熊店榴辉岩有古生代年龄记录(You *et al.*, 1996; Li *et al.*, 1996),湖北蜜蜂尖(You *et al.*, 1996)和红安高桥榴辉岩(简平等, 1996)以及东部石马(You *et al.*, 1996)、北部 UMRB 的榴辉岩(徐树桐等, 2001; Xu *et al.*, 2001)都有古生代年龄记录。由于一部分古生代年龄是锆石 U-Pb 年龄,不能确切说明它与榴辉岩相变质作用有关,还有一部分榴辉岩的 Sm-Nd 年龄是由石榴子石+全岩得出的,而全岩样品受到不同程度退化变质的影响,因而大部分地球化学家不予置信。

以往的工作大都属于变质岩石学、超高压变质作用和地球化学方面的研究,并取得了丰硕成果。在中小型组构的构造解析研究方面,除游振东、索书田、钟增球等在湖北(木兰山蓝片岩、宣化店榴辉岩区、英山榴辉岩区、熊店榴辉岩区)做的工作较多外(You *et al.*, 1996; 钟增球等, 1998; Suo *et al.*, 1998),在其它地区则零星而不系统。特别是将整个大别山造山带作为一个整体的综合系统,研究是很不够的。中小型构造地质解析工作滞后的原因,主要是因为作为前提的构造-岩石单位划分还有许多不确定之处(见本绪论开始)而难以进行。因为单靠中小型构造解析不但难以从根本上解决构造-岩石单位的划分及其构造背景的问题,有时还会起误导作用。因此,必须首先研究构造-岩石单位划分及其构造背景,否则无从建立大别山造山带的宏观几何结构。构造-岩石单位的正确划分不但为中小型构造研究提供了基础,同时

也将为宏观的运动学研究提供重要信息。虽然已有一些涉及大别山超高压带折返和板块构造模式的文章(徐树桐等, 1994, 1998; Maruyama *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 1994; Chavagnac *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 1996, 2001; 王清晨等, 1998; Michel *et al.*, 1999; 索书田等, 2000), 但是如果考虑到大别山造山带的总体情况和比较全面的地质内容, 则需要作进一步修改和补充。关于大别山造山带的宏观运动学, 因同样原因而缺乏系统研究。对大别山的宏观运动学特征也有两种不同看法。一种意见认为大别山受后期以“罗田穹隆”为中心的伸展构造体制控制(Zhong *et al.*, 1999), 或认为大别山主要受早期南北向的缩短体制控制(徐树桐等, 1994, 1998, 1999, 2001; Xu *et al.*, 2001)。这两种对于大别山“早期为压缩体制, 晚期为伸展体制”的看法并无明显不同, 但是在哪一种是现代大别山几何结构的控制性体制以及主要运动指向的性质方面, 则有明显分歧。产生分歧的原因可能是对榴辉岩带构造背景及其中主要面理的原始产状的认识不同。因为红安、英山、太湖一带的榴辉岩带中, 目前向南倾斜的面理, 最初(在晚侏罗世-白垩纪本区隆起之前)可能是向北倾的。因此, 目前见到的上盘向南的运动指向所代表的应当是向南逆冲而不是向南伸展滑动。对于至关重要的宏观的运动学标志, 虽有人提及(Xu *et al.*, 2001), 但并未进行过系统的分析。

完全的构造解析应当包括三个方面或步骤: 几何学分析、运动学分析和动力学分析(Turner, Weiss, 1963)。从构造地质学的角度来说, “理想的几何分析是描述性的, 无任何推论”; 运动学分析是根据几何分析资料重建物体内部变形时的运动; 动力学分析的目的在于重建地质体内的应力以及导致此种应力的外力(Turner, Weiss, 1963)。本书只讨论大别山造山带的构造几何学和运动学分析。运动学分析着重在构造-岩石单位之间的, 而不是手标本或露头之间的相对运动。不过, 对于大别山这种陆内古老造山带来说, 它的几何结构是一个与板块构造有关的区域构造问题, 它涉及到地质学领域的方方面面, 因此是无所不包的现代地质学的问题。前阶段的变质岩石学、超高压变质作用、地球化学以及构造-岩石单位划分及其背景等方面的研究成果, 都是大别山造山带的几何结构和运动学研究中必需的基础资料。只有在这些成果的基础上, 才能识别出大别山造山带的几何结构和宏观运动学标志。作者等自 1987 年对大别山进行专题研究以来, 主要取得三个方面的标志性成果: 首先是微粒金刚石的发现; 第二是北部榴辉岩的发现; 第三是初步建立了大别山造山带的几何结构和运动学特征。后面两个属于本阶段的成果。微粒金刚石和北部榴辉岩的发现以及国内外同行在大别山区的其它重要成果都是建立大别山造山带几何结构和运动学特征的基础资料。本书将就大别山造山带的几何结构和运动学特征作较深入的探讨。

第1章 构造-岩石单位的划分 (南北八带结构)

“构造-岩石单位划分”的本身不但是造山带几何结构分析中的重要问题,同时也是分析造山带三维空间几何结构的最基本问题。因此,本书将对此作较为详细的讨论。

对大别山的构造-岩石单位有不同的划分方案。例如, Wang 等(1994)将大别山分为北淮阳弧后复理石带、北大别弧杂岩带、南大别碰撞杂岩带和宿松变质杂岩带; Zhai 等(1995)划分为北大别安第斯式弧杂岩、中部含超高压岩石的杂岩和南部扬子大陆边缘活化盖层; 董树文等(1993)划分为南大别和北大别两个带。在这些划分方案中,有的只是地理方位概念而无构造背景的含义,有的只有部分符合“反映碰撞造山带构造背景”的原则,因而不能作为建立碰撞造山带几何结构的依据。本书以徐树桐等(1994)的划分方案为基础,但是将榴辉岩带或高压和超高压变质带进一步分为:(1) 潜山—英山—新县榴辉岩带,带中榴辉岩以陆壳成因为主,并经历过超高压变质作用;(2) 太湖—红安—宣化店榴辉岩带,带中的榴辉岩含水矿物较多,退变强烈,可能经历过超高压变质作用,可能为洋壳成因(图 1-1)。同时,将各个构造-岩石单位作了全区对比。这八个单位由南到北是:(1) 后陆磨拉石盆地;(2) 变质复理石;(3) 中朝与扬子大陆之间的缝合带;(4) 潜山—英山—新县榴辉岩带;(5) 太湖—红安—宣化店榴辉岩带;(6) 大别杂岩;(7) 宿松群和张八岭群;(8) 前陆带。在划分出的八个单位中,有三个(超镁铁岩带、潜山—英山—新县榴辉岩带和太湖—红安—宣化店榴辉岩带)属于构造单位。这三个构造单位原来可能是连成一体的。

1.1 后陆磨拉石盆地

后陆磨拉石盆地指大别山以北的侏罗纪-第四纪盆地,通常所说的合肥盆地指盆地的东部,西部无专用的地理名称。称之为磨拉石盆地,是因为在其形成的初期与大别山的反向冲断作用有关。合肥盆地由早侏罗-第四系沉积物组成,只在大别山北麓、肥西县防虎山以及淮南舜耕山有早侏罗世地层的零星露头;在淮南局部地区有陆相三叠纪石千峰组出露。最南缘的大别山北麓,只有中侏罗统-白垩系岩石。中侏罗统的三尖铺组和上侏罗统的凤凰台组出露在龙河口—响洪甸一线以北,岩性为厚层巨砾岩夹薄层砂砾岩。砾石呈次圆到次棱角状,砾径大小悬殊,有相当部分的砾径大于 50 cm,接触式胶结,为典型的磨拉石建造;砾石成分有变质砂岩、板岩、千枚岩、石英岩、大理岩、脉石英、花岗岩等。最近在金寨独山镇附近的凤凰台组中发现有退变的榴辉岩砾石(王道轩等, 2001),表明晚侏罗时期大别山已经隆起并受到剥蚀,超镁铁岩带及其中的榴辉岩成为上侏罗沉积物的物源之一。但是,榴辉岩砾石

中有多硅白云母产出(王道轩等, 2001), 与超镁铁岩带榴辉岩中无云母的特征不符。上侏罗统还包括毛坦厂组和黑石渡组, 分布在晓天盆地、龙河口水库以东以及响洪甸水库周围, 岩性为安山质、英安质的中酸性火山岩及火山-沉积岩。白垩系称为白大畈组, 是一套粗面质或粗面安山质火山岩。下第三系红砂岩和蒸发岩出露在盆地的北部, 盆地南北两侧有零星的第三纪玄武岩, 合肥附近的大蜀山就是一个玄武岩火山口。从石炭系到三叠系由浅海相经海陆交互相到陆相的变化, 表明此时陆壳不断抬升, 晚侏罗到白垩纪火山岩的碱性增强, 表明陆壳随沉积物而加厚。

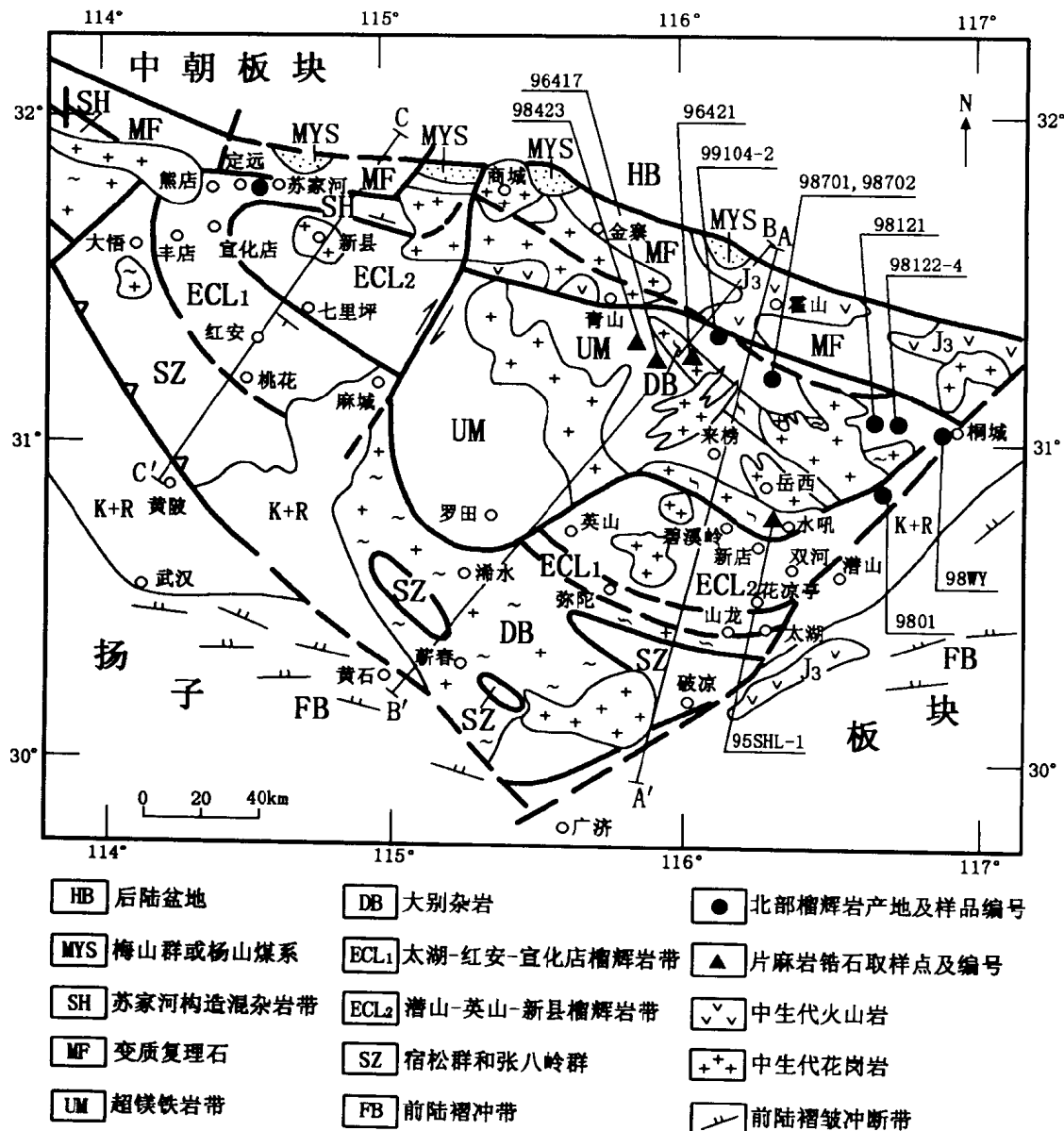


图 1-1 大别山构造地质略图(据徐树桐等, 2001 修改)

Fig. 1-1 Schematic geological map of the Dabie Mountains (modified from Xu *et al.*, 2001)

A—A'、B—B'、C—C'分别为东、中、西段的剖面图位置, 说明见正文

沉积于盆地南缘局部地段并不整合于变质复理石之上的晚泥盆世至早石炭世的花园墙组及其上的石炭纪杨山煤系(河南境内)和梅山群(安徽境内),特别是底部的砾岩层,可能是与古生代洋壳俯冲有关的、由海相向陆相过渡的磨拉石建造。花园墙组灰岩砾石中产出的 *haliolites* 属于扬子型(陆光森等, 1987)表明, 泥盆纪时期扬子和中朝大陆之间的海水是相通的。这与大别山周围地质一致, 因为到早石炭世时, 两大陆之间的深海虽然消失, 但是仍有广阔的浅海相通, 并因而有了岩相一致的地质面貌(Xu *et al.*, 2001)。中侏罗统则是与大陆碰撞有关的陆相磨拉石建造。

1.2 变质复理石

变质复理石包括老文献中的卢镇关群和佛子岭群以及西部河南境内的信阳群(南湾组和龟山组)。佛子岭群和信阳群都沿桐柏—桐城断裂北缘分布。1974 年 1/20 万区调报告^{*}中, 将卢镇关群之上的复理石称为佛子岭群。近十年来的专题研究和区调工作中, 将这套浅变质“岩石地层”的划分界线和相对层序频繁变动, 使引用资料的人应接不暇。相比之下, 1/20 万区调报告中建立的层序和命名仍然是最适用的, 而且是简明扼要的。

卢镇关群下部(相当于原小溪河组)实测厚度 2 600 m 左右, 由花岗质片麻岩、闪长或二长片麻岩、斜长片麻岩类、斜长角闪岩类组成; 上部(相当于原仙人冲组)由含石榴石黑云母石英片岩、韵律状白云质大理岩(局部含锰)夹石墨片岩、石墨云母片岩组成, 厚 376~606 m, 最高变质作用为角闪岩相, 说明它从未卷入深俯冲。

佛子岭群包括原祥云寨组、潘家岭组和诸佛庵组。祥云寨组为单一的薄-中层状石英岩, 已因剪切而成石英片岩(实际上为糜棱岩), 厚度变化较大, 在 43~447 m 之间; 潘家岭组是一套强烈面理化的板岩和千枚岩(区调报告中称为云母石英片岩), 最大厚度在 2 763~6 324 m 之间, 其中有微古植物化石; 诸佛庵组是一套由变质砂岩、板岩和千枚岩组成的韵律层, 出露厚度 224~1 700 m, 含微古植物化石。最高变质作用为绿片岩或低级绿片岩相, 未卷入深俯冲作用。

变质复理石中, 夹有规模不等的绿片岩, 底部卢镇关群中有角闪岩相的糜棱岩带, 靠近南北边缘的糜棱岩带出露厚度较大, 大致平行或小角度交于板劈理。复理石的主面理以及糜棱面理都已发生 3~4 个世代的褶皱(徐磊等, 1984)。

根据西部南湾组的微古化石(高联达等, 1988)和龟山组的化石(商庆芳等, 1992)以及河南西部商城群(1/20 万商城幅区调报告中将相当于佛子岭群的地层称为商城群)中有奥陶纪动物化石(刘印怀等, 1995), 佛子岭群时代应属于早古生代(徐树桐等, 1994)。变质复理石底部的卢镇关群尚无化石证据, 也不能与西部已定为混杂岩的苏家河群(简平等, 1993)对比。片麻岩中的锆石(U-Th-Pb)年龄为 627~721 Ma(安徽省区域地质调查队, 1987), 结合卢镇关群位于佛子岭群之下的事实, 将卢镇关群定为震旦纪。

由于变质复理石南部的超镁铁岩带被认定为岛弧杂岩(见后文), Wang 等(1994)将佛子岭群作为弧后盆地沉积; Okay 和 Sengör (1993)根据成熟度和缺少放射虫硅质岩, 认为佛子岭群

^{*} 安徽省地质局区调队, 1974. 六安、岳西幅区域地质调查报告(1/20 万)(地质部分)。

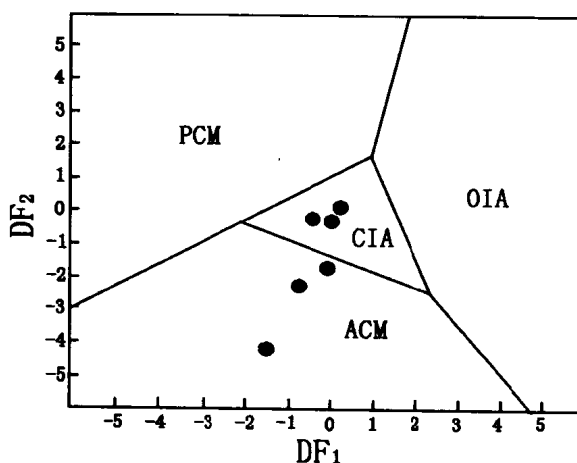
是扬子大陆被动边缘沉积。不过,榴辉岩在超镁铁岩带中的出现说明它不是一个岛弧杂岩(见1.3.1.3 小节),因此佛子岭群也不是弧后盆地沉积。化学分析和薄片研究也表明,佛子岭群中有相当部分是由成熟度不高的杂砂岩和火山碎屑岩组成的复理石(表1-1,图1-2,图1-3)。祥云寨石英岩可能相当于放射虫硅质岩建造,放射虫可能因石英的重结晶而被破坏。

表 1-1 佛子岭群变质碎屑岩的化学成分(wt%)

Table 1-1 Chemical compositions (wt%) of the metamorphosed classic rocks from the Foziling Group

样号	881018	881041	881046	881053	881055	881056	881057-1	881067-2
岩性	变砂岩	板岩	火山碎屑岩	火山碎屑岩	板岩	石英岩	大理岩	大理岩
SiO ₂	69.84	61.94	80.12	60.65	69.34	84.14	6.41	5.38
Fe ₂ O ₃	1.56	2.96	1.75	3.12	2.94	0.49	0.27	0.45
Al ₂ O ₃	12.85	13.38	7.75	16.00	13.11	6.40	1.29	1.74
TiO ₂	0.58	0.74	0.48	0.65	0.68	0.49	0.07	0.09
CaO	2.43	4.28	1.02	1.53	0.54	0.94	46.61	47.58
MgO	1.60	2.68	0.91	3.18	2.16	0.25	4.41	2.82
P ₂ O ₅	0.10	0.23	0.14	0.17	0.18	0.13	0.03	0.04
MnO	0.10	0.09	0.10	0.08	0.07	0.03	0.03	0.03
K ₂ O	2.64	3.10	3.25	3.44	3.16	0.64	0.32	0.50
Na ₂ O	2.61	1.50	1.07	2.03	1.58	2.65	0.06	0.07
FeO	4.07	2.79	3.12	3.43	3.76	2.55	0.49	0.69
CO ₂	0.09	3.00	0.49	1.33	0.30	0.75	38.12	38.45
H ₂ O ⁺	1.49	3.26	1.03	3.39	2.40	0.68	0.93	1.98
总量	99.90	99.95	101.23	99.00	99.95	100.14	99.04	99.82

注:由安徽省地质实验研究所用化学法测定。

图 1-2 佛子岭群变质碎屑岩的 DF_2 — DF_1 图解(据 Bhatia, 1983)Fig. 1-2 DF_2 — DF_1 diagram of the metamorphosed clastic rocks from the Foziling Group(after Bhatia, 1983)

ACM—活动陆缘区; PCM—被动陆缘区; CIA—大陆岛弧区; OIA—大洋岛弧区

从层序关系来看,佛子岭群可与苏格兰早古生代弧前序列(Leggett, 1982)对比。卢镇关群的片麻岩类和斜长角闪岩类相当于杂砂岩和玄武岩建造,仙人冲组石墨片岩和含石墨云母石英片岩相当于黑色页岩建造,祥云寨组石英岩相当于放射虫硅质岩建造,潘家岭组和诸佛

庵组相当于上部的复理石建造。从区域地质条件分析,这套变质复理石也不能与桐柏山区的弧后序列二郎坪群对比。因此,它应属于早古生代弧前海沟复理石建造。目前它表现为向南、北两个方向逆冲的突起构造(pop-up structure)。

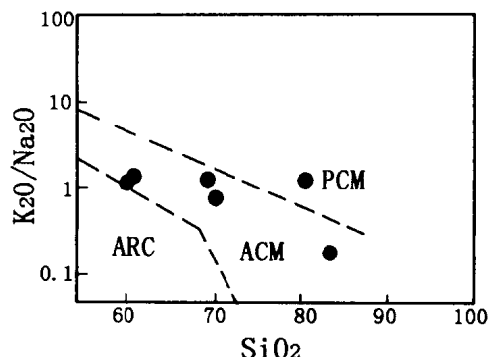


图 1-3 佛子岭群变质碎屑岩的 SiO_2 — $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 图解(据 Roser *et al.*, 1986)

Fig. 1-3 SiO_2 — $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ diagram of the metamorphosed clastic rocks from the Foziling Group

(after Roser *et al.*, 1986)

ARC—岛弧区; 其余同图 1-2

1.3 中朝与扬子大陆之间的缝合带

缝合带是变质复理石以南的构造单位,东、中和西段各有不同的特征。超镁铁岩带分布在东起安徽桐城,西止于商—麻剪切带的范围内(东段和中段)。商—麻断裂以西至河南南湾水库之间的“苏家河构造混杂岩”(西段)应当与中、东段同属一个构造单位;它们构造的混杂性和广泛的剪切作用类似,但在其它方面却有明显差异,主要表现为西段超镁铁岩块很少,只有极少量超镁铁质岩块出露,有较多洋壳成因榴辉岩,但混杂性仍与中、东段类似。东段和中段的研究程度较高。东西总长度约 350 km。

1.3.1 东段超镁铁质岩带(UMRB)

正确的说法应当是“含有大量镁铁-超镁铁岩块体的条带状片麻岩单位”(图 1-4)。称之为超镁铁岩带,是因为大量超镁铁岩块是这个带的最明显特征。UMRB 由岩块和基质两部分结构不同的岩石组成。安徽境内夹有透镜状大别杂岩(见 1.6 节),东端被花岗岩破坏,至金寨县青山镇被晚期脆性的桐柏—桐城断裂带切割(图 1-1),越过断层至金寨附近又被中生代的花岗岩体破坏,再向西至商城岩体南部表现为花岗岩中面理化辉长岩、角闪岩和变质杂砂岩的捕虏体,然后被商—麻剪切带截割。

1.3.1.1 岩块

除变质镁铁和超镁铁质岩块外,也有不同规模的中酸性岩块。本书只对作为其特征的镁

铁-超镁铁质岩块作简要叙述。据已知资料,共有制图规模的镁铁-超镁铁质岩块 130 余个,此外尚有难以计数的较小的同类岩块,如榴辉岩、石榴辉石岩和石榴二辉麻粒岩等。据最新资料(安徽省地质矿产局,湖北省地质矿产局,1995~1996. 来榜、燕子河、漫水河、上河街、石头咀(1/5 万)地质图说明书),绝大部分此类岩块都与围岩呈构造接触(图 1-4),有时为花岗岩的捕虏体(湖北省地质矿产局,1991. 张广河、木子店幅 1/5 万地质图说明书)。主要岩块(超镁铁质岩块均参照其化学成分,按其原岩命名,下同)有:

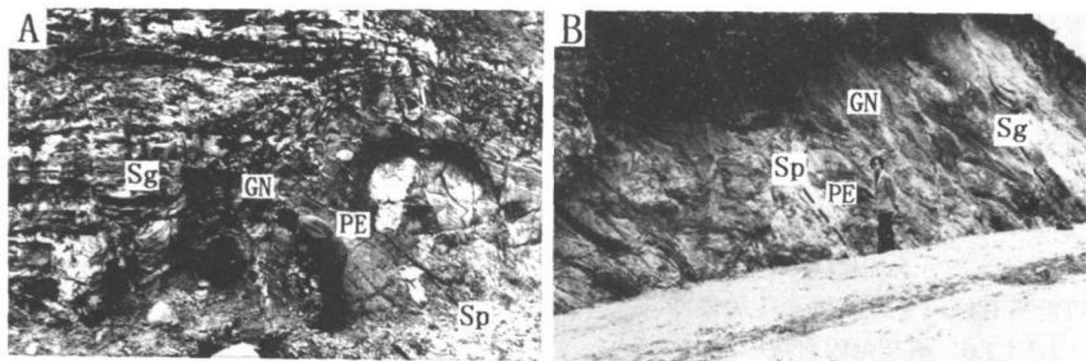


图 1-4 大别山北部镁铁质岩块与围岩的构造接触关系照片

Fig. 1-4 Photos showing the tectonic contact between mafic blocks and country rocks in northern Dabie Mountains

A—上土市附近条带状片麻岩中的超镁铁岩块,其中的面理与围岩面理大角度相交;

B—王家墩子条带状片麻岩中(石榴)斜角闪岩与围岩面理一致

Sp—橄辉岩面理; Sg—围岩片麻理; GN—一条带状片麻岩; PE—橄辉岩

1.3.1.1.1 蛇纹岩岩块

14 个。出露面积最大的滴水岩岩体为 $1\,000\text{ m} \times 75\text{ m}$, 最小的为 $30\text{ m} \times 10\text{ m}$ 。岩体都已强烈退变和面理化。大部分岩体的原岩可能为二辉橄辉岩或方辉橄辉岩。

1.3.1.1.2 二辉橄辉岩类岩块

15 个。出露面积最大的为 $2\,600\text{ m} \times 520\text{ m}$ (饶钹寨岩体), 为面理化橄辉岩, 原岩可能为二辉橄辉岩, 钻探证实无根, 周围有一群无根的卫星式小岩块(徐树桐等, 1994)。岩体已强烈面理化成为糜棱岩, 与围岩条带状片麻岩为构造接触。岩体中已发现有榴辉岩的构造透镜体(Xu *et al.*, 1998, 2000; 徐树桐等, 1999b)。Tsai 等(1998, 2000)发现岩体内除辉石外, 还有角闪石和斜长石组成的石榴子石假象, 证明它早期为石榴橄辉岩, 曾受到过榴辉岩相变质作用。它与围岩的面理产状不一致, 周围常有十至数十厘米厚的蛭石边。大部分岩体为透镜状, 都已面理化, 并有较强的退变作用, 但仍保存有残留的辉石和橄辉石。饶钹寨和黄尾河附近的橄辉岩中都有榴辉岩产出。一部分橄辉岩成为花岗岩基的捕虏体, 大部分与围岩为构造接触, 围岩有条带状片麻岩和黑云二长(或斜长)片麻岩(如龚家岭岩体)。

1.3.1.1.3 方辉橄辉岩块

9 个。最大的童家冲岩体出露长 $1\,100\text{ m}$, 宽 620 m ; 最小的长 15 m , 宽 5 m 。大部分岩体为透镜状, 都已面理化, 并有较强的退变作用, 包括蛇纹石化、透闪石化, 边部有蛭石化, 与围岩都为构造接触, 围岩有条带状片麻岩(如高坝岩岩体)和黑云二长(或斜长)片麻岩。

1.3.1.1.4 角闪岩块

40 个。最大的出露面积为 $4\,000\text{ m} \times 500\text{ m}$, 最小的为 $50\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。大部分岩体中都有

残留的辉石, 偶尔有橄榄石, 原岩可能是辉石岩。大部分岩体与围岩构造接触, 围岩有条带状片麻岩和变粒岩(老文献中称为雾迷岩)。

1.3.1.1.5 辉石岩块和岩体

共 28 个。大部分受到不同程度的退化变质作用, 退变矿物主要为角闪石类, 偶尔有蛇纹石, 晶粒粗大, 常可见到堆晶结构, 边缘常有辉长岩、花岗岩或花岗闪长岩脉侵入。大部分这类岩体都无面理化, 其中有一部分为中生代侵入体, 例如桐城附近的椒子岩岩体、岳西西南的中关沙村岩体(李曙光等, 1999; Jahn *et al.*, 2000)。最小的岩体只有 20 m×2 m。霍山的祝家铺岩体(块)是最大的辉石岩岩体, 平面上呈“S”形, 长 4 500 m, 宽 100~1 400 m, 这种平面形态与造山期后的侵入体迥然不同。岩体的主要部分都为辉石岩, 边部的辉长岩和花岗岩脉都是晚期产物。岩体边部有面理化。在其与围岩的北接触带(沿公路切岭)附近为 3~5 m 宽的岩脉(已强烈风化), 边部辉石岩已退变为弱面理化的角闪岩, 岩体内面理的产状为 25°~60°, 围岩(为风化的条带状片麻岩)面理的产状为 115°~45°。祝家铺岩体(块)不大可能像同位素定年表示的那样(李曙光等, 1999; Jahn *et al.*, 2000)是造山期后的中生代侵入体, 其中可能另有原因导致同位素年龄偏新。

1.3.1.1.6 斜长角闪岩块

22 个。最大的英山沟岩块长 4 500 m, 宽 50~550 m; 最小的长 30 m, 宽 10 m 左右。有些岩块可能是退变的榴辉岩或石榴辉石岩, 在其中心部位可能保存有较新鲜露头, 例如胡家河岩块、夹竹山岩块中曾发现有石榴子石和金红石等榴辉岩相矿物(安徽省区域地质调查队, 1974. 1/20 万六安、岳西幅区调报告)。大部分岩块为透镜状, 有弱面理化。

1.3.1.1.7 辉长岩体

单纯的辉长岩体只有 2 个, 并与围岩成侵入接触关系。其余都为侵入于辉石岩体内的岩脉, 如小河口和林河岩体。以往将小河口辉长岩作为辉石岩结晶分异的过渡相或边缘相, 但这并不符合岩浆分异结晶的普遍规律。

除上述各类镁铁和超镁铁岩外, 还见有白云质大理岩。大理岩通常为直径数米至数十米的透镜体, 与围岩呈构造接触。已发现的有分布于金寨县燕子河、岳西县黄尾河、潜山县官庄以及桐城县塘湾等地的大理岩。刘贻灿等(2001b)证明这些大理岩也经历过榴辉岩相超高压变质作用, 峰期矿物组合为: 方解石+白云石+金红石+镁橄榄石+钛-斜硅镁石+石榴子石±文石; 麻粒岩相退变组合为: 方解石+白云石+金云母+钛铁矿+透辉石+斜方辉石+尖晶石。它的峰期变质作用条件为 $P \geq 2.5$ GPa, $T \approx 800$ °C。大理岩的围岩也为条带状片麻岩。

1.3.1.1.8 低级变质岩岩块

已知带内东部卢镇关之南的蓼叶湾和东西溪之南(安徽省地质矿产勘查局, 1999. 1/5 万主簿源幅区调报告)各有出露面积为 1 km² 和 10 km² 的绿片岩-低角闪岩相的副变质岩块。露头规模的则到处可见(徐树桐等, 1994, 图版 X-6), 但对这类岩块尚无专门研究。

从超镁铁质岩的组成来看, 作为地幔岩的二辉橄榄岩和方辉橄榄岩各有 15 个和 9 个, 另有 14 个蛇纹岩体, 既可能由二辉橄榄岩也可能由方辉橄榄岩退变而来。二辉橄榄岩常来自大洋地幔, 而方辉橄榄岩常与大陆地幔有关, 且矿物组合与周围壳源岩石常属于不同的平衡条件(allofacial), 很可能与早期的蛇绿混杂岩有关(Bucher, Frey, 1994)。如此, 则与洋幔有关的二辉橄榄岩至少占幔源岩石总数的 39%。

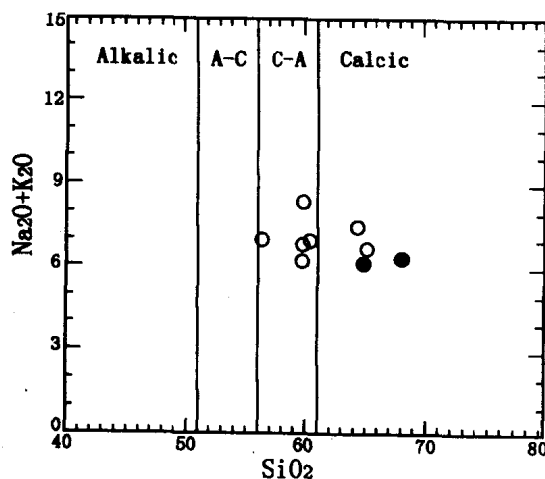
1.3.1.2.2 条带状片麻岩的岩石化学

岩石成分因条带的岩性不同而有差异, 黑云母较多时富钾, 英云质为主时富钠(表 1-2), 投影在钙性或钙碱性区内(图 1-6); LREE 富集, Eu 轻微亏损(图 1-7), 落在活动板块边缘和地壳重熔或碰撞后花岗岩区(图 1-8)。

表 1-2 大别山北部条带状片麻岩的化学成分(氧化物: wt%, 微量元素: $\times 10^{-6}$)(刘贻灿等, 1999)Table 1-2 Chemical compositions (wt%) of the banded gneisses in northern Dabie Mountains (after Liu *et al.*, 1999)

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	64.82	67.96	59.61	59.74	59.58	60.2	64.87	64.22	56.28
Fe ₂ O ₃	3.32	2.18	2.61	2.76	2.37	2.31	2.06	2.97	2.85
Al ₂ O ₃	13.73	13.9	15.75	16.44	15.53	15.85	15.35	15.19	16.14
TiO ₂	0.63	0.51	0.88	0.80	0.73	0.75	0.64	0.60	1.06
CaO	4.73	3.96	5.23	4.99	5.42	4.76	2.39	4.01	5.94
MgO	2.41	1.82	3.81	2.89	3.39	3.16	2.39	1.68	4.17
P ₂ O ₅	0.26	0.15	0.36	0.39	0.32	0.33	0.28	0.34	0.44
MnO	0.14	0.12	0.12	0.15	0.11	0.11	0.08	0.09	0.13
K ₂ O	1.97	1.82	2.85	3.62	2.81	3.09	2.79	3.24	2.92
Na ₂ O	4.20	4.50	3.88	4.69	3.35	3.78	3.84	4.20	3.99
FeO	2.93	2.14	3.52	3.33	4.44	4.14	2.97	2.59	4.91
Ni	69.3	79.6	38.6	37.8	14.0	22.1	35.3	22.6	10.0
Cr	297.1	298.8	72.8	58.0	30.1	50.3	53.1	51.1	349.8
Co	14.1	12.7	—	17.9	14.3	—	—	—	15.7
Rb	49.6	48.4	90.5	56.0	55.0	65.7	66.4	48.7	59.6
Sr	350.5	277.0	594.4	815.2	830.5	552.6	813.7	813.2	510.8
Ba	1009.3	623.7	1403.5	1545.6	1604.2	1685.0	1815.0	1804.4	2011.3

注: 1-2 为英云闪长质片麻岩(1—塔儿河, 2—漫水河); 3-9 为花岗闪长质片麻岩(3—漫水河, 4—道士冲, 5—磨子潭, 6—漫水河, 7—拔河, 8—枣树坳, 9—燕子河)。

图 1-6 大别山北部条带状片麻岩 SiO₂—(Na₂O+K₂O) 图解(据刘贻灿等, 1999 修改)Fig. 1-6 SiO₂—(Na₂O+K₂O) diagram of the banded gneisses from northern Dabie Mountains (modified from Liu *et al.*, 1999)

A 为碱性; A-C 为碱钙性; C-A 为钙碱性; C 为钙性
○为花岗闪长片麻岩; ●为英云闪长片麻岩