

秦岭造山带 主要变质岩群 及变质演化

刘国惠 张寿广

游振东 索书田 张国伟 等著

地质出版社



地质矿产部“七五”重点攻关科研项目——
秦巴地区重大基础地质问题及主要矿
产成矿规律的研究

秦岭造山带主要变质岩群 及变质演化

刘国惠 张寿广 等著
游振东 袁玉田 张国佳

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书是地矿部“七五”期间重点攻关项目“秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律”成果的一个重要组成部分。本书内容包括：一、研究造山带变质地层的理论、方法及工作中的体会；二、阐述了秦岭主要变质岩群的组成及变形、变质作用；三、初步总结了秦岭造山带变质、变形作用及主要变质岩群的形成与演化。该书反映了我国目前对秦岭造山带变质地层研究的成果和水平。经专家评审认为，其主要方面已达到国际同类研究的先进水平。

本书可供从事造山带研究的科研、教学人员和野外地质工作者参考，也可作为地质院校研究生、高年级学生的参考书。

秦岭造山带主要变质岩群及变质演化

刘国惠 张寿广 游振东 索书田 张国伟 等著

责任编辑：郑长胜

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京市海淀区三环快速印刷厂印刷

(北京西三环花园村北路 107 号)

新华书店总店科技发行所经销



开本：787×1092¹/16 印张：12.31 铜版：5 页 字数：288000

1993 年 3 月北京第一版·1993 年 3 月北京第一次印刷

印数：1000 册 定价：9.00 元

ISBN 7-116-01320-2/P.1092

序

《秦岭造山带主要变质岩群及变质演化》专著是变质地质学研究的一项新成果。它的出版将加强秦巴地区造山带和岩石圈演化进一步研究的基础。

秦岭造山带和大巴山区分别位于中朝地台的南缘和扬子地台的北缘,是研究大陆边缘演化、大陆碰撞造山和造山带构造史的理想地段。自80年代初以来,不同部门都曾对本区的研究投入了较大的工作量,获得了丰硕的成果。但对这一地区古老基底的构造格局迄今未得到统一的认识,因而对其显生宙以来的构造变形和改造也还多有存疑之处。造成这种情况的主要原因之一是本地区的几个重要变质岩群的基本特征,诸如组成层序、形成时代、变质特征和构造样式等都尚未得到全面阐明。当然这些问题还不能说在本“专著”中都已得到解决。但是这些长期困扰地质界的难题已经大致廓清,一个宏观的构造配置轮廓已经初步建立。更为可喜的是有些深入的研究对变质地质学、造山带造山过程动力学等提供了重要的启示,因而具有较普遍的参考意义和理论价值。

首先,本区变质地层(层群,杂岩)的研究已经超出了传统地质学或单纯地层学的范畴。显然,像秦岭群这样的复杂岩群不是单一时代的地层单位,而是一个岩石-构造-地层组合体,其进一步的划分往往须借助于构造界面和构造解析方法。像碧口群、毛集群这样一些复杂的浅变质岩群则须运用沉积、构造以及同位素测年方法等综合研究予以正确的解体划分。我觉得“专著”在这两个方面都做出了很好的成果。

其次,在变质地层的构造变形研究方面,通过详细的构造分析揭示了线状强应变带和透镜状弱应变带相互间列的规律性组合。更重要的是应变强弱的差异在不同规模和级别上都可以识别。这种物质抗应变强度的不同和应力场本身的差异实质上反映了物质不均一性的普遍原理,反映在变质岩区的构造样式和格局从超微观、微观到宏观以及大区 and 全球,都有这种现象,都可予以应用,因而具有普遍的意义。

再次,现代地质科学尽管已经更多地与数、理、化自然基础科学相结合,但其本身仍是具有历史性质的科学。任何地区的综合研究最后都要归结到发展史。本区变质岩群的变质地质研究从岩群的解体到构造运动面的厘定和变质期次的识别都有助于阐明前寒武纪的构造发展史和显生宙以来的改造、再造史。特别是对变质作用的类型、时代和温压条件及其演化的研究,对秦岭岩群、宽坪岩群等变质作用 PT 轨迹的初步确定等,为秦岭造山带造山过程提供了动力学的解释,从而对中朝南侧大陆边缘的构造发展史及其与扬子北侧边缘的关系史提供了进一步研究的依据。

近年以来,有关秦岭造山带的单学科性的和综合性的专著不断出版。“八五”期间有关秦岭造山带和秦巴地区的新一轮综合研究的重要项目正在开展。我衷心祝贺这本“专著”及其姊妹篇对秦岭地质作出的重要贡献。我衷心的祝愿新一轮的秦岭的地质研究在已有基础上取得重要的突破和成功。

王鸿祯

1992年11月于北京

前 言

秦岭地处我国中部，西连祁连山和昆仑山，东接桐柏山和大别山，蜿蜒千余公里，是我国乃至世界著名的大陆造山带。它具有独特和复杂的地质演化历史，已引起国内外地质学界的广泛瞩目。它不仅蕴藏着丰富的矿产资源，而且是中国地质、地理、气候、人文等方面的重要界线。因此对它的深入研究对于我国资源开发利用、改善环境和预防地质灾害等方面均有重要意义。

《秦岭造山带主要变质岩群及变质演化》是地矿部“七五”重点攻关项目“秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律”之下的“秦巴变质地层”二级课题的研究报告。该二级课题负责人是1986年秋季以后才明确由地科院地质研究所的刘国惠、张寿广担任，主要任务是在所属各三、四级课题组工作基础上进行协调，对大家比较感兴趣的地质问题组织有关人员进行野外现场考察。为了及时交流和转化各三、四级课题的研究成果，我们于1990年11月负责组织、编辑出版了《秦岭一大巴山地质论文集》（一）变质地层。为了及时转化韧性剪切带研究方面的成果，我们参与筹备组织了8省地质队技术负责人参加的“韧性剪切带、糜棱岩及其与成矿关系”研讨班，收到了很好的效果，会后出版了《韧性剪切带与金矿成矿关系及韧性剪切带、糜棱岩研究》一书，在各生产和教学、科研单位广为流传，起到很好的推广作用。

本书主要由三部分组成。第一部分即本书第二章，是我们研究造山带变质地层时所使用的理论、观点和方法及工作中的体会，即以活动论思想为指导，运用变质地质学的观点和方法研究各变质岩群的组成，理顺各岩群间的相互关系、空间配置、构造边界、构造-热演化历史及各岩群的大地构造意义，从而为探讨秦岭造山带岩石圈的形成、演化、成矿背景提供依据。具体阐述了用岩石-构造-地层组合体的概念来看待和研究造山带的变质岩群；用流变学、应变软化、应变局部化的原理和构造分解的方法研究各变质岩群和整个造山带的变形；用发展论和发展阶段论的观点研究各岩群和造山带的热-动力体制的转化与交替；通过研究变质作用 p （压力）- T （温度）- t （时间）轨迹，为探讨造山带演化的地球动力学过程提供依据；用多成因模式来认识和研究造山带中的蛇绿岩和高压变质带。第二部分包括第三、四章，分别叙述了各变质岩群的组成和变形变质作用。由于二级课题报告是在各三、四级专题报告的基础上编写的，因此文中所引用的实际资料均来自各三、四级专题。第三部分包括第五、六、七章。通过对主要变质地层的研究，初步总结了秦岭造山带变质、变形及主要变质岩群的形成与演化。

原报告由地科院地质所刘国惠、张寿广共同负责^①，中国地质大学游振东、索书田和西北大学张国伟、四川地矿局毛裕年共同执笔完成。其中前言由张寿广、刘国惠执笔，第一章由刘国惠、张寿广执笔；其它各章分工如下：刘国惠负责第二章第六节，第三章第四、五节，第四章第一、五节；张寿广负责第二章第一、三、七节，第三章第二、三节；游振东负责第二章第四节，第三章第一节，第四章第四节，第五章；索书田负责第二章第

^①本书编著者中刘国惠和张寿广为并列第一作者。

二、五节，第四章第三节，第六章；张国伟负责第七章；毛裕年负责第四章第二节，杨崇辉、丛曰祥参与了部分章节的工作。初稿完成后由张寿广、刘国惠、游振东统阅并分头作了适当修改。

原报告完成后，于1992年4月4日在京由地矿部科技司主持了成果评审会，评委由王鸿祯（主审）、肖序常（副主审）、程裕淇、沈其韩、李廷栋、陈毓川、钱祥麟、应思淮、袁润广、王新华等组成。评委们对原报告提出了许多中肯的意见和建议。会后作者们对原报告进行了认真的修改。在此基础上，张寿广对全书文字部分作了统编、定稿，刘国惠对全书的图件、表格及部分文字进行了审定。作者们对秦岭地区主要变质岩群和秦岭造山带演化等问题的认识基本上是一致的或相近的，但也有某些不同看法。这些在每个人撰写的文稿中会有一些的反映，我们认为这种大同小异会更有利于科学事业的发展，所以对各作者的不同观点一般未加修改。

纵观“七五”期间秦岭变质地层的研究，正如本书第一章第三节所述，取得了重大的进展，但由于秦岭地质构造极为复杂，一些地质问题的解决必须要有长期的积累过程，因此，目前秦岭变质地层还存在某些重要问题，如某些变质岩群和岩组的时限和划分问题仍未确切解决，某些中晚元古代岩层（如碧口岩群、宽坪岩群和松树沟杂岩）是否具有蛇绿岩的性质？它们的构造含义是什么？南秦岭高压变质带的时代问题；以及秦岭地区主要变质岩群的含矿性等均需要今后认真加以研究解决。

本书所反映的是地矿部“七五”期间秦巴重点攻关项目中变质地层二级课题及所属各三、四级专题广大地质工作者多年辛勤劳动成果的一部分，由于涉及的变质岩群很多，而且不少三、四级专题的成果已经或正在陆续出版，本书只能对它们作简要的叙述。为了弥补不足，读者还可参阅《秦岭—大巴山地质论文集》（一）变质地质一书，其中的论文都是由在一线工作的各三、四级专题组撰写的。

我们在引用各三、四级专题成果时，也可能有因我们理解不确切而失真之处，概由引用人负责。

我们要特别感谢各位评审员先生的热情指导和帮助；感谢董效静女士等为本书绘制了精美的图件、耿元生先生对本书部分初稿提出的修改意见，以及樊莉、丛曰祥、杨崇辉同志对本书出版所作的贡献。最后我们还要特别感谢“七五”秦巴项目负责人项礼文先生对本书编写、出版等多方面的指导和支持。

由于水平所限，书中不当之处请读者批评指正。

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 任务与组织	1
第二节 研究概况	1
第三节 主要成果和认识	3
第二章 研究造山带变质地质的理论和方法	5
第一节 变质岩群及研究方法	5
第二节 造山带的流变学研究	8
一、流变学与构造学	8
二、大陆地壳的组成	8
三、造山带的流变行为及演化	11
第三节 构造-热动力体制的交替与转化	12
第四节 造山带变质演化与地球动力学过程	13
一、变质作用的 P - T - t 轨迹与造山带地球动力学过程	13
二、高 p/T 变质作用的热动力学	15
第五节 应变软化与应变局部化	18
一、应变软化和应变局部化的基本概念	18
二、造山带尺度上的变形分解作用	19
三、多矿物岩石的固态流变	21
第六节 蛇绿岩的多样性	22
第七节 秦岭造山带构造单元划分	23
第三章 北秦岭的主要变质岩群	26
第一节 秦岭岩群	26
一、研究历史	26
二、岩石组合、类型和原岩建造	26
三、形成时代	30
四、变质作用	31
五、岩浆岩	40
六、多期变形和构造边界	41
七、结论	44
第二节 宽坪岩群	45
一、概述	45
二、岩石组合、原岩建造及形成环境	46
三、变形与变质	49

四、形成与演化	55
五、结论	57
第三节 陶湾岩群	57
一、概述	57
二、组成	58
三、变质作用	61
四、构造变形	62
五、时代	62
六、结论	67
第四节 二郎坪岩群	68
一、概述	68
二、基本特征	68
三、形成时代	80
四、变质作用	82
五、结论	84
第五节 毛集群的解体	85
一、研究简史	85
二、毛集群解体的依据	85
三、毛集群解体后的基本组成	89
四、变质作用主要特征和演化	90
五、结论	91
第四章 南秦岭的若干变质岩群及高压变质带	92
第一节 碧口群的解体和碧口岩群的重新厘定	92
一、研究概况	92
二、鱼洞子岩群的建立	92
三、碧口岩群的重新厘定	95
四、碧口岩群形成环境的分析	96
五、碧口岩群的变质作用	98
六、碧口岩群的时代	98
七、结论	99
第二节 白依沟群	100
一、岩石特征	100
二、层位归属的初步分析	103
三、形成环境	104
第三节 武当岩群	106
一、构造样式和变形特征	107
二、岩石组合及变质作用	111
三、地层序列和含矿性	113
四、时代	114

第四节 红安岩群	115
一、主要岩石组合	115
二、主要变质岩类的原岩特征	116
三、变质作用	122
四、变形序列	126
五、结论	129
第五节 高压变质带	129
一、基本特征	129
二、关于高压变质带的时代	132
三、关于蓝片岩的形成环境的讨论	134
四、结论	136
第五章 秦岭造山带的变质作用	137
第一节 区域变质作用的阶段划分	137
一、晚元古变质阶段	137
二、加里东—早海西变质阶段	139
三、印支期变质阶段	140
四、燕山期变质阶段	140
五、结论	141
第二节 变质作用的类型	141
一、高压低温变质作用	142
二、区域低温动力变质作用	143
三、区域动力热流变质作用	143
四、区域中高温变质作用	144
五、断陷变质作用	144
六、韧性剪切带变质作用	144
七、结论	148
第三节 变质作用的演化	148
一、前寒武纪基底型	148
二、拉张变质型	149
三、俯冲带高压低温型	150
四、结论	152
第六章 秦岭造山带变形的若干特点	154
第一节 秦岭造山带的地壳结构样式	154
第二节 秦岭造山带的变形和运动图像	155
一、不同变质岩群的应变强度	155
二、变形物理环境对变形图像的控制	157
三、区域及局部构造变形场对运动图像的控制	158
四、挤压构造变形与伸展构造变形	159
第三节 秦岭造山带的韧性再造作用	161

第四节 秦岭造山带的推覆构造	161
一、元古代形成的推覆构造	162
二、古生代韧性再造作用形成的推覆构造	162
三、印支—燕山期形成的脆性推覆构造	164
四、燕山晚期—喜马拉雅期的重力滑动构造	166
第七章 秦岭主要变质岩群的形成与演化	167
第一节 各主要变质岩群的形成与演化	167
一、早前寒武纪古老变质结晶杂岩系	167
二、晚前寒武纪变质岩群	169
三、震旦系—中三叠统的变质岩群	172
四、中生代动力变质岩系和非变质岩层	173
第二节 对秦岭造山带形成与演化的基本认识	174
主要参考文献	175
矿物代号	183
图版说明及图版	184

第一章 绪 论

第一节 任务与组织

秦巴项目给本课题的任务是“查明各变质岩系（各“岩群”）的时代、组成、原岩生成环境和变质历史事件。其中以北面的三个岩群（秦岭岩群、宽坪岩群和陶湾岩群）和南面的碧口岩群及武当岩群为重点（图 2-7-1）。

本课题的研究对象主要是秦岭造山带的前寒武系，部分是显生宇。由于它们经历的时间长，受多期改造，大多已不是原来的面貌，不少岩群很难按通常的方法进行变质地层的划分和对比。因此本次研究还提出了造山带变质地层研究的理论和方法。

本课题的研究对象涉及陕西、河南、甘肃、四川和湖北五个省。除了上面提到的五个岩群以外，还有二郎坪岩群、原毛集群、白依沟群及鄂北高压变质带。由于涉及面广，问题复杂，为了发挥各方面的积极性，组织了科研、教学和生产等单位联合攻关。课题由地质科学院地质研究所负责，参加单位有中国地质大学，长春地质学院，成都地质学院，西安地质学院，西北大学，北京大学，地科院西安地质矿产研究所，河南地矿局地质研究所、区调队，陕西区调队，甘肃区调队，川西北地质大队，鄂西北地质矿产调查所和湖北区域地质矿产调查所等 16 个单位，近百名老、中、青地质学家和研究生协同工作。秦巴变质地层下设 6 个三级课题和 18 个四级课题（表 1-1-1）。

第二节 研究概况

据历史记载，秦巴地区的地质调查是从 19 世纪后半叶开始的，至今已有一百多年，大致可分为三个阶段。

第一阶段，1949 年以前，为路线地质调查阶段。

1949 年以前，我国从事地质工作的人数不足一百人。而敢于涉足秦岭的中国人更是罕见。最早进入秦岭的外国人是德国人李希霍芬（1866 年），从西安经宝鸡、凤县至汉中的路线地质调查。此后有奥人洛采（1877 年）、美国人维里斯（1903 年）、德日进、巴尔博、卡美年等（1934 年）在秦岭一些地区对地层和构造有过一些粗略的路线调查。我国地质学家最早调查秦岭的当推李捷、朱森（1930），他们在鄂豫陕交界的南秦岭进行过地质考察，次年地质学家赵亚曾和黄汲清（1931 年）对秦岭中段地质做过调查，此后李均衡（1934 年）、杨钟健（1943 年）先后在北秦岭做地质工作。我国这几位地质学家是秦岭地质勇敢的开拓者，虽然仅是一些路线地质调查，却为后人留下了宝贵的并有一定指导意义的地质文献资料。尤其是赵亚曾、黄汲清两人将秦岭中段的变质岩首次命名为“秦岭系”，并与五台系、泰山系对比，认为秦岭系和柞水系的变质岩组成秦岭地轴，是区分南海侵界限的有效地障。他们当时已认识到秦岭是南北地质的分界线。在那个时代，那样有限的路线调查，得出如此深刻的认识，表明他们不愧是秦岭地质研究的开创者和先驱者。

表 1-1-1 变质地层下属课题

三级课题名称	负责单位	四级课题名称	负责单位
秦岭岩群构造特征及变质变形史	中国地质大学 (武汉)	秦岭岩群构造特征及变质变形史	中国地质大学 (武汉)
		陕西凤太地区秦岭岩群的 层序划分及变质地质研究	西安地质学院
		陕西丹凤地区秦岭岩群构造 特征及其变质变形史研究	西北大学
		秦岭岩群地质年代学研究	地科院地质研究所
		河南桐柏泌阳地区毛集群基性变质岩研究	北京大学
		河南桐柏泌阳地区毛集群、信阳群变 质地层的时代归属和变成史	成都地质学院
碧口岩群的时代、 层序、火山作用及 含矿性研究	地科院西安 地矿所	陕西碧口岩群时代、层序及含矿性研究	陕西区调队
		甘肃陇南地区碧口岩群的时代、 层序、火山作用及含矿性研究	甘肃区调队
		川西北地区碧口岩群的时代、层 序、火山作用及含矿性研究	川西北地质大队
		碧口岩群构造特征及演化历史研究	西安地质学院
		碧口岩群的火山作用及含矿性	地科院西安地矿所
		西秦岭白依沟群岩石特 征、形成环境及层位归属研究	川西北地质大队
宽坪岩群岩石组合序 列和变质变形的研究	地科院 地质研究所	河南省宽坪岩群的时代及层序综合研究	河南区调队
		陕西宽坪岩群的层序和划分对比	陕西区调队
		宽坪岩群同位素年代学研究	地科院地质研究所
陶湾岩群的时代序 列, 划分对比和变质 变形研究	地科院 地质研究所	陶湾岩群同位素年代学研究	地科院地质研究所
		陶湾群的层序划分与时代归属	西安地质学院
北秦岭晚元古-早古生代断陷带 变质地层与成矿关系研究	河南地质 科研所	二郎坪岩群变质地层时代、 岩石组合特征及含矿性研究	西北大学
武当山地区武当岩群及 贵多金属成矿地质特征研究	鄂西北地质 矿产调查所		
		鄂北蓝片岩带特征及其地质意义	长春地质学院 湖北区调所

第二阶段, 1949 年开始, 50 年代至 70 年代, 有计划的路线地质调查和正规的地质填图。

中华人民共和国成立后, 促进了地质事业不断兴旺发达。在老一代地质学家的带领下, 秦岭的地质奥秘不断被揭开。从 50 年代开始, 进入秦岭的地质学家先后有赵家骧与宫景光 (1951), 张文佑 (1954), 李振与陈鑫 (1955), 张伯声与张尔道 (1956), 王曰伦

(1958)及谢家荣(1961)等,他们在秦岭不同地段进行了路线地质调查,提出了一些新的认识。其中突出的有二:一是张文佑和张伯声通过各自的调查,均认为不存在秦岭地轴,而存在加里东褶皱带;二是以王曰伦为首的前寒武纪变质岩课题组,通过1958至1959两年在蓝田、洛南、商县等地深入的野外研究,在由苏联专家指导完成的1:20万洛南幅地质图中的中元古代地层中,于洛南石门川上楼村发现了三叶虫和腕足类化石,经孙云铸教授鉴定,三叶虫属中寒武统。随之,王曰伦等在中元古代地层中区分出寒武系和震旦系^①。50年代的新成果为以后秦岭的地质填图和找矿工作提供了良好的基础资料。

六七十年代秦巴地区1:20万和少数1:5万地质填图迅速开展,获得了大量基础地质资料,对变质地层的原有认识在不断改变,原先认为由秦岭系和柞水系组成的秦岭地轴在逐渐解体,秦岭系已被分解为秦岭群、宽坪群和陶湾群,柞水系已发现了泥盆纪化石,改名为刘岭群。随着工作的进一步深入,在陕西凤州地区秦岭群的大理岩中发现了早古生代化石,划分出草滩沟群。至70年代末,秦巴地区的1:20万填图已基本结束,在变质地层方面获得了丰富的资料,命名了十多个群,时代为太古代至古生代。

第三阶段,70年代和80年代以来,深入的多学科的综合研究和大比例尺地质填图,加深了对秦岭造山带的认识。

70年代后期随着基础资料的积累,不断有新的发现,如在陕西蟒岭地区,陕西区调队在北部宽坪群和南部秦岭群之间解体出早古生代云架山群,河南区调队则在豫西建立了二郎坪群和丹矾窑群,表明人们注重变质地层的研究,根据不同的特征区分它们和给予新的命名。

80年代以来,秦岭造山带受到了国内外地质学家的关注,开展了不同学科的国内和国际合作研究,法国、德国、瑞士、美国和荷兰的地质学家都曾在秦岭进行过研究或考察。国内在“六五”、“七五”研究的基础上出版了一批成果,主要有:《北秦岭变质地层》(陕西区调队,1988),《东秦岭复合山链的形成》(许志琴等,1988),《秦岭造山带的形成及演化》(张国伟等,1988),《华北与华南古板块拼合带地质和成矿》(胡受奚等,1988),《秦岭一大巴山地质论文集》(一)变质地质(刘国惠、张寿广主编,1990),《北秦岭宽坪群变质地质》(张寿广等,1991),《秦岭造山带学术讨论会论文选集》(叶连俊、钱祥麟、张国伟主编,1991)等,特别是地矿部“七五”期间组织的“秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律”研究项目的开展,首次对秦岭造山带进行多学科联合攻关,变质地层作为基础地质问题的重要一环,通过参加单位的共同努力获得了丰硕的成果,不仅大大深化了对秦岭造山带的认识,而且也丰富了对造山带中变质地层研究的理论和方法。由于秦岭变质地层的极端复杂性,仍存在不少问题,等待今后进一步研究解决。

第三节 主要成果和认识

秦巴变质地层二级课题涉及10个岩群,它们分散在东经102°20至115°,东西长约1300km的范围内。近百名科研、教学、生产单位的地质工作者经过四年的艰苦努力,取得了丰富的第一性资料和大量的室内测试数据,解决了和基本上解决了一些秦岭地区长

^①相当于北方蓟县的中上元古界

期悬而未决的重要基础地质问题，以及某些地层的找矿方向问题，这些成果对揭示秦岭造山带的组成、结构、演化及成矿均有重要的意义。

由于各三、四级课题的成果均已评审验收，其中多数已经或正在出版，所以对它们的具体成果就不再详细叙述，这里仅从总体上说明二级课题所取得的主要成果。

1. 研究发现，原来的主要变质地层（如秦岭岩群、宽坪岩群、陶湾岩群、碧口岩群、毛集岩群等）都不是单一的地层单位，而是复杂的岩石-构造-地层组合体，现已对原来属于不同时代的地质体作了解体，搞清了各主要岩群的内涵和分布范围，基本查明了各岩群之间的接触关系。

2. 用地质的和多种测年方法相互配合，基本查明了北秦岭主要变质地层的时代。秦岭岩群主要属下元古界（主体部分年龄为 20 亿年左右），宽坪岩群属中元古界上部（年龄为 10 亿年左右或 14—10 亿年，陶湾岩群的主体可能与震旦系相当（年龄介于 7—5.7 亿年），二郎坪岩群为上元古至下古生界。

3. 原来研究程度不高的南秦岭一些重要变质地层的时代也获得了重要进展，在原碧口群中解体出属于太古界的鱼洞子岩群（锆石 U-Pb 等时线年龄为 $2657 \pm 9\text{Ma}$ ），原碧口群的其余部分解体为寒武系、震旦系和前震旦系，解体后的碧口岩群属于前震旦系（中上元古界）；武当岩群相当于中元古界；西秦岭原白龙江群被解体为上覆太阳顶群（ $\epsilon - O$ ）和下伏白依沟群（ Z_1 ），前者为西秦岭主要含 Au、U 岩系。

4. 对位于南秦岭一大别山的巨大的、赋存于中上元古界中的蓝片岩带和榴辉岩带进行了多方面的研究工作，已经查明了它们的空间分布、地层层位、岩石类型和矿物学特征，并获得了两组同位素年龄数据（700—850Ma 和 210—230Ma），表明它们有可能是多时代形成的，并在榴辉岩中发现柯石英。

5. 对变质地层的构造样式的研究发现，它们是由线状的强应变带和透镜状的弱应变域组合而成。在强应变带和弱应变域内部又由相对更（较）强的和相对较（更）弱的部分组成。这在一定程度上揭示了大到全球尺度，小到超显微尺度的普遍规律。秦岭造山带，尤其是北秦岭可以看成是许多变质岩群（弱应变域）由构造带（强应变带）拼接或堆叠起来的。

6. 对秦岭造山带中前寒武纪变质岩群的地质和同位素年代学的研究已经揭示，秦岭地区晋宁运动具有非常重要的意义。尽管目前对它的确切含义还不很清楚，但已有的资料说明，华北和扬子两个古板块当时可能已经发生过会聚作用。秦岭造山带是一个多旋回复合造山带。

7. 基本查明了秦岭造山带中变质作用的类型、时代、温压条件及演变；对南秦岭高压变质作用提出了板内碰撞成因的新看法；在某些岩群中运用当今研究变质作用的新方法，求出了变质作用的 pTt 轨迹，为秦岭造山带的造山过程提供了某些重要佐证。

8. 这次对变质地层的研究已经大大超出了单纯地层学的研究范围，采用地层学、岩石学、构造地质学、地球化学和同位素年代学等多学科的综合研究，探索各岩群形成时的构造环境，所经历的变形、变质历史，以求将每个岩群作为秦岭造山带中的一个地质体，研究其形成与演化历史，并为整个秦岭造山带的形成和演化提供信息。各有关课题组在这方面取得了丰硕的成果和丰富的经验。

第二章 研究造山带变质地质的理论与方法

第一节 变质岩群及研究方法

在地层研究工作中若干古老原理的影响是深刻的,尤其是其中的叠覆原理(Principle of superposition)。叠覆原理是丹麦人斯腾诺(Steno, 1669)首先提出的,该原理又称层序律,即认为岩层序列自下而上,具有从老到新的顺序,并据此确定岩层间的相互顺序。这种观念连同地层的原始水平原理(Principle of original horizontality)和地层的原始侧向连续性原理(Principle of original lateral continuity)等,长期以来被人们视为地层学的基础而被广泛的运用与推广。但是应用叠覆原理说明某一地区地层的纵向时间关系时,必须要保证岩层序列是未经后期强烈构造变动改造而仍能识别出原始沉积顺序的岩层。如果岩层经过强烈褶皱,特别是逆掩作用加上强烈的变质作用,使其处于一种难于识别出层序的正常与否时,叠覆原理就无法运用,因为我们不仅常常无法确定岩层序列的顶和底,有时甚至无法区分岩层的原生层理和后期面理。近20—30年在一些地区的详细工作已经证明,有些薄者数米,厚至几千米的岩石是逆掩作用造成的构造夹层(温德利,1986)。另外在强烈变形变质条件下,变质分异作用和选择性熔融作用也可造成层状分布的、新的岩石单位。凡此种说明,在经过强烈变质变形的地区,不能简单地搬用某些适用于稳定地台区的地层学原理和方法,如叠覆原理等。

秦岭造山带中的变质地层,尤其是前寒武纪变质地层,既受到它们在前寒武纪形成和改造时构造体制的控制,又受到显生宙以来秦岭造山带形成、演化构造体制对它的改造和再造,使它们经历了多期变形和变质的强烈改造,已经全部或部分地改变了它们形成时的面貌,绝大多数现有面理已不能代表它们原先的层理;根据现在自然产状反映的上下关系,往往不能代表它们原来的层位关系;根据通常方法求出的“厚度”,更不能代表它们原有的厚度;现在看来似乎呈“层状”排列的岩石组合,常常并不是原先的沉积和火山地层,而可能是褶皱层或构造岩片的堆叠或拼合。如陕西商洛地区的“宽坪群”,经过详细的研究,认为它们是由若干个构造岩片堆叠起来的,岩片之间为韧性剪切带所分隔(张寿广等,1990,1991)。经详细研究以后得知,河南信阳地区的“信阳群”是由时代完全不同的“南湾组”和“龟山组”被翟家沟—五岳水库韧性剪切带将其拼合在一起(任纪舜等,1990;李采一等,1991^①)。豫西地区的“二郎坪群”也是由火神庙海相火山岩片、小寨—抱树坪复理石岩片和柿树园复理石岩片拼合而成。详细地工作还将证明,原来的许多“群”,会进一步被解体;并还将证明相当一部分过去建立的“组”之间不是沉积接触,而是构造接触。

现有的工作已经说明,至少北秦岭变质地层间的接触关系,几乎无例外的都是断层(带)相接。如“宽坪群”的北界以商州铁炉子—卢氏黑沟—栾川—南召头道河—方城维摩

^①李采一等,1991,信阳变质地体及东双河变质岩片的厘定和含矿性研究

寺—信阳红石砬断裂一线为界，分别与“陶湾群”、“熊耳群”、“汝阳群”等相接；南界以眉县斜峪关—商州葫芦堤—卢氏瓦穴子、桐柏毛集—信阳王岗断裂带为界，分别与“斜峪关群”、“云架山群”、“二郎坪群”相接。但在边界断裂带的不同地段，其性质、规模和发育历史都不相同，且常都具有十分复杂的历史。

以往我们曾用岩石地层单位对这些变质地层进行划分并对比，但现有的资料表明，秦岭造山带中的许多变质地层并不符合国际地层委员会关于岩石地层单位“群”、“组”的规定。该规定指出：“群是比组高一级的正式岩石地层单位，是具有明显一致的相同岩石特征的两个或两个以上紧挨在一起的地层序列”。秦岭造山带中的许多变质地层的“组”，并不能确定其层序和顶底界，组之间常为构造接触，自然不能确定组与组之间的地层序列，因而就不该称做群，同样也不宜称做组。

近年来有些作者考虑用地体 (terrane) 来称呼秦岭造山带中的变质地层。地体概念是 Irwing 等 1912 年在研究北美加利福尼亚南克拉马茨山西带的古生界和三叠系时提出的概念。近些年来地质、地球物理和古生物新资料证明，北美科迪勒拉的许多地壳是通过个别的构造地层地体的增生而形成的 (Jones et al., 1981)。地体作为一个新概念被越来越多的地质学家所接受，并成为环太平洋大陆边缘研究的重要课题。

1983 年在美国斯坦福大学举行的环太平洋地区地体会议上，Howell 等人对地体提出了比较完整的定义：构造地层地体是以断层为边界的，具有区域性延伸的地质实体，每个地体均有与相邻地体不同的地质历史。每一个地体内沉积、构造、岩浆和变质应当是统一的和连续的。两个相邻并列地体如有同时代地层，其间绝不可能出现把两者联系起来的过渡岩相，即两者中必定是绝然不同的，在地质历史上毫不相关的。典型地体的古生物和古地磁的研究已经证明，地体之间现在的空间位置是地体形成以后移置的结果，地体按其移置的距离又可分为移置地体 (Allochthonous terrane) 和外来地体 (Exotic terrane) (Howell et al., 1983)。移置地体是指用古地磁、古生物地理或其它方法确定发生了位移的地体，其位移量可以不大，但必须证明，不同地体是不同岩石序列在空间的并列，并完全切断了岩相带的走向。而外来地体则指经过了非常远距离的运移，如已证明有的地体位移了 6000km 以上。Howell 等还根据地体的组成划分了地层地体 (stratigraphic terrane)、变质地体 (metamorphic terrane) 和分裂地体 (disrupted terrane)。其中变质地体是指地体中的岩石具有区域性的透入性变质组构，这些组构使原始的地层特征和关系模糊了，此外必须证明不同地体间在变质作用和原岩方面的差异是极为明显的 (Howell et al., 1988)。

综上所述，秦岭造山带尤其是北秦岭的一些变质地层基本上符合于 Howell 等所下的移置地体中变质地体的定义。但我们并不认为这些变质地层是从非常遥远的地方移置到一起的。我们要强调的是，现在秦岭造山带中各变质地层的空间关系是后期构造堆叠作用 (structure superposition) 和构造拼合作用的结果。目前地质学家们对地体的理解还不一致，为避免将地体与外来地体等同起来而造成不必要的误会，我们认为不把它们称作“地体”为宜，但必须赋予原来的“群”以新的含义。

程裕淇等 (1963) 曾指出：一套巨厚而组分复杂 (包括各种变质岩及岩浆岩) 的变质岩系可称为变质杂岩。还指出，对杂岩的划分，一般有两种情况：当详细工作，其原岩为沉积岩系或火山岩系，后期的变质和变形比较弱时，可借助于变余的原生结构构造，将杂

岩划分为不同的群和组；当变质很深，原岩已不易恢复，或变形很强已不易恢复其层序时，可根据变质岩石组合及变质程度、混合岩化、花岗岩化的强弱划分为不同的“岩带”，此种“岩带”有时可具有某种地层意义，有时只代表岩石学的（或地质构造特征的）意义，而没有地层层序上的意义。《变质岩的一些基本问题和工作方法》于1966年第三次出版时，又进一步指出，在构造复杂、变质程度深、混合岩化和花岗岩化作用强烈的地区，建立系统的地层层序和确定地层上下关系有困难时，可采用岩组、岩段来代替组、段，作为填图单位。

程裕淇等的上述意见在今天仍有重要意义。以“岩群”、“岩组”取代秦岭造山带中的变质地层中的“群”和“组”是适宜的，它不仅是名称上的不同，更重要的是反映了我们对其含义在实质上的不同理解。以程裕淇为主编的1:500万中国地质图（1991）说明书上把“岩群”定义为：“对由于构造复杂或受到高度混合岩化作用的影响，或强烈花岗质岩浆活动的干扰，或出露不全，因而无法建立完整层序的变质表壳岩系”，一律称为“岩群”，“以别于层序基本可信的变质的群”。

“岩组”与岩石地层单位中组的级别相当。它以某类岩石为主，或几类岩石联合，或以具有其它明显一致岩石特征的相邻地层组成的岩层体。其规模与组类似，只是岩组内的层序不清。我们所研究的十个变质岩群的特点相差甚大，大致可以分为三类：

1. 变质程度很低，变形较弱，岩层中保留有较多原生的沉积岩和火山岩的结构、构造，经过仔细辨别基本上可恢复原来的层序，如本次研究的、处于川、甘交界处的白依沟群，可以按照岩石地层单位建立群和组。

2. 变质程度低至中级，变形较强或很强，原来的地层已变成褶皱层（单文琅等，1991），本次研究的绝大多数岩层属于此类型。由于褶皱层中发育了不同尺度的顺“层”（包括层理或前期构造面理）剪切带，它们就是岩层中的强应变带。造成强应变带的原因很多，如应变强度的有序与无序、岩石抗应变强度差异、岩石的应变软化和局部化等。地质上的薄弱面，如地层间断面、岩层界面及其它构造薄弱面容易出现应变软化，易于沿着这些面发展成为强变形带。由于这些强应变带具有顺“层”拆离的特点，虽然原岩层已成为“褶皱层”，但在本质上它是经历强烈递进变形重建的、以顺层韧性剪切带和顺层掩卧褶皱轴面为主体的、平行面状构造横向置换原生层理（或先期面理）而形成的崭新的构造地层单元（单文琅等，1991）。虽然这些面理已发生了构造置换，不能代表原生层理，新形成的岩层序列不等于原生层序，但新的大套岩层（岩组）序列却大体能代表岩层的新老关系。有人担心，强调构造置换会降低变质岩区填图质量，使图面结构过于简单化。我们认为正确认识变质岩区的各种构造置换现象，精细地判断各种面理的物理意义并进行填图才能比较符合地质实际。当然我们并不排除在总体构造变形比较强的地区内有时也可在局部弱应变域中基本上建立起该地区的岩石地层序列。在野外工作中要特别留意寻找这种地区，并力争建立起正确的岩石地层序列。

3. 变质程度为中高级，变形很强，由变质的酸性深成岩和表壳岩组成。在本次研究的变质地层中占的比例很小，如鱼洞子岩群和陕西眉（县）户（县）地区某些地段的秦岭岩群。在这种地区工作，首先要区分深成岩和表壳岩，有条件的地方应对表壳岩进行划分。

以往地层工作的主要方法是剖面研究和区域对比。对造山带变质岩群工作时应着眼于它是岩石—构造—地层组合体，在工作方法上要强调以构造解析为先导的多学科综合研