

北秦岭裂陷的形成 与变质作用

安三元 胡能高 主编

西北大学出版社

PDG

前言

秦岭作为中国南北的自然地理分界，其两侧的自然景观（特别是植被与气候）和人文经济均有明显差异，其中的主要原因之一就是地质背景不同所致。然而，秦岭能引起广大地质学家的普遍关注，则是因为这里发育的独特而有代表性的地层及地质构造，为他们验证自己的理论模式提供了理想的场所。近年来，国内外专家云集，各学派竞相争鸣，使秦岭研究呈现出一派欣欣向荣的景象。

现在放在读者面前的这本书，是一群岩石学家的工作成果。受自己专业的局限，我们主要从露头上观察，在显微镜中管窥，辅以必要的测试，将客观实际整理出来，供关心秦岭的专家选择采用。因此，我们真诚地敬告读者，本书不能提供什么模式，只有事实。令人欣慰的是，今天的大地构造和成矿理论，与50年代相比，的确是更加重视岩石学的成果了。

本书分五部分，研究范围限于陕西、河南两省的北秦岭地区，地层仅涉及秦岭群、宽坪群、二郎坪群和丹凤群，不可能讨论这些变质地层的各个方面。

第一部分“陕西太白地区秦岭群的构成与变质作用及其演化”识别出秦岭群的多期变形，揭示出早期平卧向斜，从而建立了正确的地层层序。这一层序与豫陕交界地区可以对比，这也表明秦岭群的岩石组合在北秦岭造山带中相当稳定。原岩恢复的结果证明，其下部主要为夹有沉积碎屑岩和溢流玄武岩的酸性火山岩建造，中部为陆源碎屑-泥质岩建造，上部为以白云岩为主的碳酸盐岩建造。它们都形成于后太古宙的陆缘浅海环境，与大洋地壳无关。岩相学的研究表明秦岭群至少经过四期变质作用，主变质的加里东期又可分为四个阶段。识别出四个变质带，构成一中压相系，由矽线石-钾长石带作为中间热轴，两侧依次为十字石-蓝晶石带和铁铝榴石带，但部分受到破坏。第四阶段退变质形成的红柱石组合，应属于低压的镁铁闪石角闪岩相。根据矿物对计算和图解方法求得各变质带的温压条件是 T 为 $500^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ ， p 为 $0.5\sim 0.6\text{GPa}$ 。在指出退变质阶段形成的红柱石组合成因上与推覆构造有关之后，讨论了加里东主变质期过程中的温压路径，并描绘了秦岭群变质作用的 pT 轨迹。

第二部分“河南桐柏地区毛集群的基性变质岩研究”是本书中份量最重的研究成果。该文将原毛集群解体为秦岭群、宽坪群和二郎坪群，厘定了各层群的界线、层序、时代，并与南阳盆地以西的北秦岭作了对比。在原堡子组中新发现了辉长闪长岩体及M型斜长花岗岩体，并确认其作为板下增生岩体有阻碍基性岩系沉降的构造意义。通过大量的数据，深入研究了宽坪群和二郎坪群的基性岩系，确认它们均不属典型洋壳。宽坪群为板内初始裂谷，二郎坪群为向洋脊过渡的弧后小洋盆。根据详尽的岩相学和矿物学研究，论述了宽坪群和二郎坪群的变质条件、变质历史及其构造意义。发现了宽坪群的变质倒转特征及变质叠加，提出拉张变质作用的新概念及其 pT 轨迹。通过环带状角闪石的研究，厘定了二郎坪群罕见的逆时针 pT 轨迹，从而认为从晚元古代到早古生代为基本低压下连续变质、体系开放、相变剧烈的拉张变质特征，而加里东晚期压力的增高则不排除有板块碰撞的可能性。

第三部分“陕西南风地区商丹断裂南侧糜棱岩的研究”，这里的糜棱岩带曾被误认为火山岩，并作为丹凤群蛇绿岩的一部分，在此之前还曾被鉴定为角闪岩化的变质地层而被归属于

流岭群的青石垭组。本文详细地研究了这一套糜棱岩的岩相学特征，将其原岩恢复为包括秦岭群、丹凤群及流岭群等不同时代、不同类型的变质岩，它们共同组成了这一糜棱岩带。本文还研究了各主要造岩矿物的变形特征和变形行为的演化。作者利用各矿物变形行为的演化划分了糜棱岩的演化阶段，提出了递进变形序列的概念，这是对利用变形特征确定 p - T 环境的有益探索。本文最后将矿物的变形特征与变形期间形成的矿物及组合相结合，对糜棱岩 p - T 路径进行了大胆的尝试。前三部分是地矿部秦巴科研项目。

第四部分“陕西丹凤地区丹凤群火山岩的岩浆类型与成因及其构造环境”是国家自然科学基金资助项目中的成果之一。近年来，关于丹凤群乃蛇绿岩套、并代表板块俯冲带的洋壳残片之说颇为高涨，本文对此唱了一点反调。由丹凤群火山岩的岩相学、岩石化学、微量元素地球化学等方面，都说明它们属于钙碱性岩浆。该岩浆曾与斜长石+角闪石+辉石+石榴石±钾长石±磁铁矿±榍石±磷灰石这样的矿物组合相平衡，而该矿物组合具有地壳的成分特征，并稳定于下地壳的温压条件。因此本文认为丹凤群火山岩是在陆内海槽环境中形成的，当时并不存在洋壳。当前在研究秦岭的论著中，不乏用板块俯冲或碰撞机制解释商丹构造带的文章，它们都力图证明丹凤群是洋壳残片。可惜，这在岩石学上并非事实。

第五部分“北秦岭的斜峪关群（二郎坪群）”，讨论了位于宽坪群和秦岭群之间的一套地层。北秦岭被看成是加里东褶皱带，很大程度上与这一套地层的发现与陆续建立有关。这是陕豫两省众多地质工作者的集体贡献，是他们将近20年间辛勤劳动的成果，在秦岭地质研究史上应该大书特书。但是这一套地层有很多问题，它们被冠以众多的地方性名称（天水地区的李家河组、葫芦河群、牛头河群，陕甘交界的陇山群，凤县、两当境内的草滩沟群，眉县石头河的斜峪关群，户县的游县群，陕豫交界的云架山群、丹凤群，西峡的二郎坪群和桐柏地区的毛集群），而且由于构造复杂，这些地层的层序远未确定，彼此之间很难对比，这正是当前研究秦岭的难点之一。本文作者长期研究了豫陕甘三省的剖面对比，非常熟悉其研究历史，所以本文虽非岩石学著作，它附在这里，将会减轻研究这一套地层专家的翻拣查阅之劳。应该说明的是，作者的原稿很长，超出了本书的容量，我们不得不压缩。

本书的作者分属北京大学、中国地质大学和西安地质学院，年岁有别，文风各异，观点也不尽相同。主编只负责统筹，对原稿未便修改，因而作者文责自负。

在本书即将与读者见面之际，我们谨向地质矿产部秦巴科研项目、国家自然科学基金委员会及作者所在院校的领导者给予的关怀与支持表示衷心的感谢。帮助我们克服各种困难，代为清抄、绘图的同志甚多，实难一一列举，作者对他们的友谊将铭记在心。李燕明同志负责了联系出版和印刷工作，给了我们很大支持。对于将要花费宝贵时间阅读本书的读者，编者代表全体作者事先向他们表示歉意，并期待着他们的批评与指导。

PREFACE

The Qinling is a giant range stretching in E-W direction in central China, the highest peak is the Taibai mount (3767 m above sea-level) in Taibai district of Shaanxi province. As a orogenic belt between the Northern China Platform and the Southern China Platform, this range attracts numerous geologists in and abroad. A lot of viewpoints and models on this orogenic belt have been put forward, many facts of various geologic aspects have been gradually recognized, and controversy always exists in almost every aspects.

We present this book to anyone who is interested in the geology of the Qinling mountains. The authors, being good at petrology, study the orogenic belt on outcrops, in thin-sections under microscope, and through component data of rocks and minerals. What they present is fact rather than model, they wish their jobs will be helpful for understanding this orogenic belt. The geographic scope of the geologic content of this book is confined within the northern Qinling mountains in Shaanxi and Henan provinces. A brief introduction of five parts of this book is presented as follows.

The first part of this book, (the formation and metamorphic evolution of the Qinling group in Taibai district, Shaanxi province), is a subject of the scientific investigation scheme in Qinling-Bashan mountains financed by the Geology and Mineral Ministry of China. The authors have recognized a large-scale recumbent Syncline formed at the first folding episode of the polydeformed group, by which the stratigraphic sequence of the group is established. The protolith of the low part is mainly composed of acidic volcanics interclated with minor sediments and basalts, that of the medium mainly clastic and pelitic rocks, and that of the upper mainly carbonate rocks. The Qinling group can be comparable in protolith and sequence with the metamorphic strata with the same group name in the boundary area between Henan and Shaanxi provinces, about 500 km east of Taibai district. The original rocks of this group are products of volcanic and sedimentary activities in a post-Archaean epicontinental sea environment characterized by carbonate rocks. Petrographic study reveals that the group has gone through at least four metamorphic events. The present rocks originated dominantly from the Caledonian regional metamorphism. Three progressive metamorphic zones, including almandine, kyanite and sillimanite zones, are

recognized in the elongate terrain. The sillimanite zone is situated along the axial part, flanked by narrow kyanite and almandine zones. But this pattern is partly destroyed by syn- and post-metamorphic granitic plutons and big fault. A clockwise pTt path for the highest grade rocks of the Caledonian metamorphism is constrained based upon the changes of mineral assemblages before and after the peak metamorphism and the application of geothermobarometers.

The second part of the book, (a study on the metabasalts of Maoji group in Tongbai district, Henan province), is a subject of the scientific investigation scheme in Qinling-Bashan mountains financed by the Geology and Mineral Ministry of China. The authors divide the original Maoji group into three parts of different ages, compare them with the Qinling, Kuanping and Erlangping groups respectively in the northern Qinling mountains to the west of the Cretaceous Nanyang basin. A detailed study on petrochemistry of the metabasalts indicates that the Kuanping group formed in an initial rift within continent and the Erlangping group in a small post-arc basin. The authors discover for the first time the existence of plutons of pyroxene diorite and M-type plagioclase granite in the original Baozi formation (belonging to the Erlangping group), and consider these plutons attached to the subducting rock plate being of the tectonic significance of hindering more subsidence of the metabasalt series. In accordance with the study on petrography and mineralogy, the authors elaborate the temperature-pressure conditions, histories and tectonic significance of the metamorphism of the Kuanping and Erlangping groups. The progressive metamorphic zoning of the Kuanping group is overturned and overprinted owing to polymetamorphism, by which the authors establish a new concept of extensional metamorphism and related pTt path. An anticlockwise pTt path of the Erlangping group is constrained based upon the zoned amphiboles, and this path is considered as the record of successive metamorphism in an extensional environment with low pressure condition from the late Proterozoic to the early Palaeozoic and the increase in pressure at the end of tectonic event of the Caledonian age.

The third part of this book, (a study on mylonites to the south side of the Shangdan fault in Danfeng district, Shaanxi province), is a subject of the scientific investigation scheme in Qinling-Bashan mountains financed by the Geology and Mineral Ministry of China. A set of mylonites on the south side of the Shangdan fault was ever incorrectly treated as hornfels

derived from metasediments of the Qingshiya formation belonging to the Liuling group of Devonian age, or volcanics belong to the Danfeng ophiolite suite. Detailed Study on petrography and petrochemistry reveals that these mylonites derived from some metamorphic rocks varied in rock type, metamorphic grad and metamorphic strata unit including the Qinling, Danfeng and Liuling groups. The authors establish a decreasing-deformation sequence of the mylonites in terms of the deformation behaviour of some minerals including plagioclase, K-feldspar, quartz and so on, which is the record of the evolution of mylonitization characterized by gradual decrease in temperature. A pTt path of the mylonites, characterized by a large decrease in temperature and a small decrease in pressure, is constrained based upon the changes in deformation behaviour of minerals, those in mineral assemblages corresponding to different stages of deformation, and the applications of available geothermobarometers.

The fourth part of this book, <the magma type, origin and tectonic environment of the volcanics of Danfeng group in Danfeng district, Shaanxi province>, is one achievement of a subject financed by the State Natural Science Fund Committee of China. The evidences in petrography, petrochemistry and trace element geochemistry demonstrate that the volcanics of the Danfeng group derived from calc-alkaline magma. This magma ever maintained equilibrium with the assemblage of plagioclase + amphibole + pyroxene + garnet $\pm$ K-feldspar $\pm$ magnetite $\pm$ apatite characteristic of the crustal rocks and stable under the temperature-pressure condition of lower crust. Consequently, the authors demonstrate that the volcanics formed in a rift or trough within continental crust rather than in ocean environment. Some writers treat the Danfeng group as an ophiolite suite or a block of ocean floor and the Shaandan fault as a subduction zone. This explanation model, however, is incorrect because of in contradiction to petrology aspect.

The last part of this book, <the Xieyuguan group (Erlangping group) in northern Qinling mountains>, discusses a metamorphic strata unit between the Qinling and Kuanping groups. The northern Qinling mountains is treated as a Caledonian orogenic belt to a great extent owing to the recognition and gradual establishment of this metamorphic strata unit of the early Palaeozoic age. That is a great achievement on the geological research in Qinling mountains, contributed by numerous geologists of Shaanxi and Henan provinces in near twenty years. There exist, however, some problems to this metamorphic strata unit. A lot of local strata name have been used for

naming it, they are the Lijiahe formation, the Huluhu and Niutouhe groups in Tianshui district of Gansu province, the Longshan group in the boundary district between Gansu and Shaanxi provinces, the Caotangou group in Fengxian and Liangdang districts of Shaanxi province, the Xieyuguan group in Meixian district of Shaanxi province, the Laoyu group in Huxian district of Shaanxi province, the Yunjiashan and Danfanyao groups in the boundary district between Shaanxi and Henan provinces, the Erlangping group in Xixia district and the Maoji group in Tongbai district of Henan province. Metamorphism and complicated deformation cause the great difficulty to establish doubtless sequence of this metamorphic strata unit and to compare with each other among different districts. The authors of this part have studied this strata unit in three provinces mentioned above for a very long time and are very familiar with related problems. We believe this part will supply a costly data for anyone who is interested in the metamorphic strata unit.

The authors of this book, from Beijing University, Geological University of China and Xi'an College of Geology, are of different writing style. We editors merely do duty for comprising these articles in relation to the northern Qinling mountains. Editors, on behalf of all authors, wish to acknowledge the financial help of the Geology and Mineral Ministry of China and the State Natural Science Fund Committee of China. Special thanks go to Miss Li Yanming for a lot of fine publishing works.

An Shanyuan
Hu Nenggao

目 录

陕西太白地区秦岭群的构成与变质作用及其演化安三元 杨家喜 林学军	(1)
秦岭群的研究简史	(1)
凤太地区秦岭群的构造骨架	(6)
秦岭群的层序划分与时代讨论	(12)
秦岭群的岩石类型	(20)
变质岩的原岩恢复和地球化学特征	(26)
秦岭群变质矿物的研究	(34)
秦岭群加里东期变质作用	(41)
北秦岭造山带的地质演化史	(50)
河南桐柏地区毛集群基性变质岩研究	
..... 王仁民 陈珍珍 李平凡 宋复梅 徐庆生 苏尚国	(64)
绪论	(64)
区域地质	(65)
宽坪群岩石与地球化学	(72)
二郎坪群岩石与地球化学	(83)
侵入岩	(107)
变质作用	(117)
地壳演化	(150)
陕西丹凤地区商丹断裂南侧糜棱岩的研究	胡能高 安三元 (156)
陕西丹凤地区丹凤群火山岩的岩浆类型与成因及其构造环境	
..... 胡能高 安三元	(179)
北秦岭的斜峪关群(二郎坪群)	张维吉 (190)
图版说明及图版	(203)

CONTENTS

Rock Association Sequence and Metamorphism of Evolution the Qinling	
Group, Taibai, Shaanxi.....	<i>An Sanyuan Yang Jiaxi Lin Xuejun</i> (1)
History of study on the Qinling Group	(1)
Tectonic framework of the Qinling Group, Fengtai district of Shaanxi.....	(6)
Stratigraphic sequence and age of the Qingling Group	(12)
Petrology of the Qinling Group	(20)
Parent rocks and characteristic of geochemistry	(26)
Study on metamorphic minerals	(34)
Caledonian metamorphism of Qinling Group	(41)
Geologic evolution of North Qinling Orogenic Belt.....	(50)
The Study on Metabasites from Maoji Group in Tongbai Area, Henan Province.....	
.....	<i>Wang Renmin Chen Zhenzhen et al</i> (64)
Introduction.....	(64)
Geologic setting.....	(65)
Petrology and geochemistry of Kuanping Group	(72)
Petrology and geochemistry of Erlangping Group	(83)
Intrusive rock.....	(107)
Metamorphism.....	(117)
Evolution of the crust.....	(150)
The Studies of Mylonites on the South Side of Shangdan Fault, Danfeng, Shaanxi, China.....	
.....	<i>Hu Nenggao An Sanyuan</i> (156)
Magma Type, Origin and Tectonic Setting of Volcanics of Danfeng Group, Danfeng Shaanxi	
.....	<i>Hu Nenggao An Sanyuan</i> (179)
The Xieyuguan Group (Erlangping Group) in the Northern Qinling	
.....	<i>Zhang Wei ji</i> (190)
Explanations of plases and Plases	
.....	(203)

陕西太白地区秦岭群的构成与 变质作用及其演化

秦岭群的研究简史

北秦岭造山带历来是研究中国地质的关键地区之一，在中国大陆地壳的形成与演化历史中具有极其重要的地位。北秦岭主要由秦岭群、宽坪群、二郎坪群和丹凤群组成，秦岭群是最老的地层。我们今天对这些地层的知识，是许多人在一百多年的长期探索中获得的。因此，我们首先应回顾一下人们对秦岭群和北秦岭造山带的认识过程。

对秦岭群以及北秦岭地质研究，从上个世纪以来，大体经历四个比较重要的阶段：即上世纪至本世纪50年代中期的路线地质调查阶段；50年代后期至30年代的矿产普查和1:20万区域地质测量阶段；70年代初至1984年的大比例尺矿产普查，1:5万区域地质调查和专题调研阶段；1985年开始了深入研究的第四阶段。随着每个阶段的进行，对秦岭群的认识都有一次重大的飞跃。

一 路线地质调查阶段（1956年以前）

对秦岭群的调查可以追溯到19世纪60年代。最早有德国学者李希霍芬（1866），奥地利学者洛采和斯成义（1877~1880）、俄国学者奥勃鲁契夫（1893）、美国学者维理士和布莱克维德（1903）等国外地质学者的路线地质调查。其中李希霍芬将宝鸡至凤县间的一套变质岩称“秦岭片岩”，划归太古宇。维理士和布莱克维德把秦岭北坡周至黑河一带的一套中级变质地层称“干峪湾片岩”，划归太古宇，其上的地层称“黑水系”，划归古生界。

1929年，赵亚曾、黄汲清横穿秦岭、巴山三条地质路线，于1931年发表了《秦岭山及四川地质之研究》^[1]。将大峪口至镇安，宝鸡至凤县间的一套变质岩系命名为“秦岭系”，其南的浅变质岩系名为“柞水系”，并分别与“泰山系”（太古宇）和“五台系”（元古宇）对比。并建议用秦岭地轴这个名称来称呼北秦岭东西走向的前寒武纪地体，作为一个有效地划分中国南北海浸界线的地障。

1934年，德日进、巴尔博、卞美年等在秦岭东部洛阳至卢氏、西峡地区进行路线地质调查，对赵、黄二先生的“秦岭系”是否应归入太古宇表示怀疑，认为“此系必因挤迫而与古生代岩系联合而成一变质岩系”。

1940年，李钧衡等将蓝田和商洛地区的柞水系和秦岭系也分别划为元古宇和太古宇。

1943年，杨钟健等在陇县、宝鸡等地进行过调查工作，对秦岭系的时代也提出怀疑。

1951年，赵家骧、宫景光在周至—佛坪一带进行铁矿地质调查，在其《秦岭铁矿地质调

查报告》一文中，认为“秦岭系”乃是后期花岗岩侵入体与“柞水系”的混合物，时代为志留—泥盆纪。

1954年，张文佑在《秦岭构造岩相带的初步认识》一文中，提出秦岭巴山地区自北而南可分为三个构造带。其中北带主要由秦岭系和柞水系以及前震旦纪岩层组成，柞水系应属早古生代，秦岭系为侵入于柞水系的加里东期花岗岩变质而成。他认为：“前震旦纪的古老变质岩系大部分为片麻岩、云母石英片岩，出露在西安以南，商县以北，不整合在震旦系之下”。

1955年，李振和陈鑫将丹凤以北的变质岩笼统地称为震旦系。

1956年，张伯声、张尔道等在宝鸡、略阳间进行路线调查后提出，“秦岭系是变质的、晚于早古生代变质岩系的侵入岩及早古生代变质岩系的包体混合岩组成”，将其时代置于早古生代。

这一时期，主要围绕着“秦岭系”、“柞水系”以及“秦岭系”以北的变质岩系的成因特别是时代提出了一些不同的看法。尤其是张伯声等关于北秦岭为加里东褶皱带的意见对后来的工作影响很大。

二 1:20万区域地质调查阶段(1956~1969)

1956年，本区全面开展1:20万区域地质调查，原秦岭区测队将眉县、户县、洛南、栾川一线以南，周至青岗砭，户县纸房，商县宽坪至西峡米坪—夏馆以北出露的一套中浅变质岩系，命名为“宽坪组”和“陶湾组”，时代归早元古宙；将其以南，商县—商南—西峡以北的一套混合岩、片麻岩和石墨大理岩分别命名为“太华群”和“雁岭沟组”，时代定为太古宙。将太古宙分布区称为狭义的“秦岭地轴”，太古宙和元古宙分布区称为广义的“秦岭地轴”。原来的“柞水系”，由于1962年后陆续采到化石，时代改为中泥盆世，命名为流岭群。

1961年，黄汲清主编的1:300万中国大地构造图上将渭河谷地以南，柞水、商县、西峡一线以北的变质岩系统称为秦岭系，将这一构造单元称为秦岭地轴，并推测向东与淮阳地盾相连，向西过陇宝地块与祁连中间隆起相连，合称为“秦祁地轴”。

1967年，陕西区测队编的1:50万的《东秦岭地质图》，根据1965年在凤县唐藏采到奥陶纪化石，将商县以西的秦岭系处理为未分的古生界。1973年出版的《西秦岭地质图》，将凤县宝成路两侧原“秦岭系”中的一部分划为寒武—奥陶系。

这一阶段主要进展是：

- (1) 秦岭群北侧建立了宽坪组和陶湾组，并有狭义和广义的秦岭地轴之分。前者仅指秦岭群，后者包括宽坪组和陶湾组。秦岭群一名始创于1:20万宝鸡幅(1960年)；
- (2) 在柞水系中发现了泥盆纪化石，归中泥盆统，改称流岭群；
- (3) 凤县唐藏一带秦岭群大理岩中采到早古生代化石，从中解体出来建立了草滩沟群。

三 1:5万区域地质调查及专题研究阶段(1970~1984)

1971~1973年赵祥生等对陕西省境内的宽坪组和陶湾组进行了系统剖面研究，认为宽坪

组和陶湾组系连续沉积，并合称为“宽坪陶湾组”，时代置于早、中震旦纪。

1970~1973年河南区队金守文等在西峡北部地区开展1:5万区域调查，将伏牛山南侧原1:20万《栾川幅》划的宽坪组和雁岭沟组各一部分划归震旦系，分为下、中、上三个统，以后又分别命名为二郎坪群、宽坪群和陶湾群。由下而上，二郎坪群（下震旦统）包括二进沟组、大庙组和火神庙组；宽坪群（中震旦统）包括小寨组和抱树坪组；陶湾群（上震旦统）包括子母沟组、火山沟组和赶脚沟组。此外，根据在雁岭沟组大理岩中采到的虫牙（？）化石（1972），将其时代定为早古生代。从此以后，一直到80年代初，有不少人主张秦岭群时代为早古生代，形成了一股否定秦岭地轴的趋势。

1973~1977年，河南地质三队屠森等在栾川南部地区开展1:5万区调，取得的主要成果 and 认识有：

（1）以叫河断裂为界，将断裂以南的“南部陶湾组”并入宽坪群；

（2）将卢氏—栾川地区的宽坪群由下而上分为红崖沟组和叫河组；同时根据栾川叫河和卢氏曲里宽坪群K-Ar年龄值1404Ma和1307Ma，将其时代划归早元古宙；

（3）建立了栾川群，相当于1:20万区调时划分的寒武系。栾川群由下而上分为白术沟组、三川组、南泥湖组、煤窑沟组、大红口组和鱼库组。根据煤窑沟组中叠层石组合及侵入其中的橄榄辉长岩年龄为743Ma，将栾川群时代定为中震旦世（相当于蓟县纪）；

（4）将“北部陶湾群”由下而上分为三岔口组、凤脉庙组和秋木沟组，时归代青白口纪。认为陶湾群不整合在栾川群之上。

1974~1978年，陕西地质八队弥建勇等在户县纸房地区开展1:5万区调，提出了下列重要认识：

（1）将秦岭群分为东流水组和双水磨组，时代归太古宙；

（2）将宽坪组分为三个亚组，时代归长城纪；

（3）将测区中部荒草坡—郭家山—甘峪脑一带呈东西带状分布的断陷沉积物，即原1:20万区调时划分的中石炭统草凉驿组，根据其中的孢粉组合，划归震旦系，命名为甘峪组。它高角度不整合于秦岭群之上，微角度不整合于宽坪组之上；

（4）整合于宽坪组之上，平行-微角度不整合于甘峪组之下，有一套火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩沉积，命名为千岔沟组，划归蓟县系；

（5）岩石化学表明，秦岭群和宽坪群中的角闪质岩石（基性火山岩）具同源性质，认为二者是深成（秦岭群）和浅成（宽坪群）不同层次的表现。

1979~1982年，陕西地质八队弥建勇等在眉县斜峪关至长安大峪间的十多条剖面上，对秦岭群、宽坪群进行了仔细研究，将宽坪群由下而上分为汤峪组、大镇沟组、甘峪湾组、教场组和千岔沟组。

1978~1981年，陕西地质三队刘剑等在凤县唐藏—太白山头河之间约2000km²的范围内开展1:5万普查。在凤县杨家庄一带草滩沟群中又采到了丰富的腕足类和珊瑚化石，时代均为奥陶纪。据此分为红花铺组（O₁）和张家庄组（O₂₊₃）。将宽坪群归入长城系，秦岭群仍归太古宇。

1973~1978年，陕西区调队符征信等在蟒岭地区开展1:5万区调，其主要成果有：

(1) 将宽坪群由下而上分为五峰山组、广东坪组、四岔口组和谢湾组, 时代归 于长城纪, 其中谢湾组即是前人所称的南陶湾组;

(2) 将秦岭群划为四个岩性段, 时代归前奥陶纪;

(3) 在蟒岭南侧, 丹凤庾家河和洛南灵官庙原 1:20 万区测时所划的南部陶湾组大理岩中首次采到了海百合茎和珊瑚化石, 从而将这一部分火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩从宽坪群中分解出去, 建立了古生界云架山群, 由下而上分为安坪组、干江河组、月牙沟组和粉笔沟组, 与其以东河南卢氏地区的丹矾窑群和西峡地区的二郎坪群对比, 向西应与陕甘交界的草滩沟群对比;

(4) 另外, 还揭示出宽坪群中多期褶皱叠加的构造型式; 发现了蟒岭地区的推覆构造, 提出了北秦岭早古生代断陷带(从草滩沟群到二郎坪群)的概念。这些成果对以后的研究工作起到了很大的影响。

1975~1978年, 长春地质学院张秋生等^[2]在陕西凤县到河南栾川之间的东秦岭北坡开展工作, 重点研究了秦岭群、宽坪群和陶湾群。主要认识有:

(1) 将秦岭群由下而上分为黄羊坝组、东流水组和双水磨组, 时代归太古宙;

(2) 将宽坪群由下而上分为四岔口组、广东坪组和麻街组, 时代归震旦亚代一早元古宙;

(3) 认为宽坪群在西峡地区以子母沟组砾岩为底界倒转不整合在秦岭群之上, 在太白地区宽坪群(上店房组)整合覆于秦岭群(太白组)之上;

(4) 陶湾群与下伏宽坪群整合过渡, 并认为南、北陶湾群是渐变过渡的一套沉积, 归属前震旦系; 将眉户地区的干岔沟组归于陶湾群第一岩组; 将甘峪组与罗圈组对比;

(5) 首次提出了北秦岭存在早古生代蛇绿岩套(即以后命名的丹凤群)。

1977~1979年, 河南地质四队王铭生等在卢氏五里川一官坡地区开展1:5万普查, 主要成果同1:5万蟒岭地区区调结果相同, 但是对西峡地区金守文归入宽坪群的小寨组和抱树坪组有不同意见, 认为属于上三叠统, 不整合在二郎坪群火山岩之上, 这一见解后来为吴正文所采纳。

1979~1981年, 陕西区调队马步民等在黑龙口一大荆地区开展1:5万区调, 主张以铁炉子断裂为界, 将南陶湾群划归宽坪群; 宽坪群的层序由下而上为谢湾组, 四岔口组和广东坪组。

1984年, 安三元等^[3]撰文从多期变质-变形史的角度、讨论了秦岭群和宽坪群的时代, 认为二者经历了同样的变形, 变质改造, 原岩建造相似, 具相同的同位素年龄, 都应该是早、中元古宙形成的。

1980~1984年陕西区调队张维吉、肖思云等^[4]对秦岭群、宽坪群和陶湾群开展了系统的专题研究, 并列入了地矿部重点科研项目, 这一研究工作取得了丰硕的成果, 其中主要的见解有:

(1) 首次获得了一批全岩Rb-Sr等时年龄值, 结合U-Pb年龄和K-A年龄, 确定秦岭群和宽坪群的时代为早—中元古宙;

(2) 明确了秦岭群、宽坪群的分布范围, 提出以铁炉子断裂为界, 南陶湾群并入宽坪群; 并从宽坪群中解体出下古生界斜峪关群, 从秦岭群中解体并建立了丹凤群;

(3) 首次在二郎坪群中采到了硅质放射虫, 进一步证实其时代为早古生代; 由于斜峪关群的建立, 首次将北秦岭断陷带下古生界连成一体, 证明葫芦河群、草滩沟群、斜峪关群、云架山群、二郎坪群和大河群属于同一构造带, 同时代的产物;

(4) 研究了秦岭群、宽坪群、斜峪关群、丹凤群的多期变质作用, 多期变形作用及秦岭造山带的构造发展史, 并对这些地层的含矿性或含矿层位做了系统、全面的总结。

还应提到1983~1984年由许志琴、卢一伦等^[6]参加的中法东秦岭地质科研合作项目, 利用微观与宏观结合方法, 研究了东秦岭山链的岩石圈变形及其动力学, 提出了东秦岭是一个以“大推覆、大平移、大滑脱”为主要构造格局特征的复合山链。建立了岩石变形阶段, 变形机制, 重大构造事件的时代, 大型韧性剪切带形成的热动力条件, 南、北中国板块碰撞的时间以及山链形成及演化的板块动力学模式。

总结这一阶段对秦岭群以及北秦岭地质的研究成果, 主要取得以下重要进展:

(1) 重新肯定了秦岭群和宽坪群的形成时代不会新于中元古宙^[4], ^[8] ^[7];

(2) 首次提出在秦岭地区存在多期变质和多期变形作用的叠加, 并据此划分秦岭群和宽坪群的层序, 取得了一定效果;

(3) 从秦岭群和宽坪群中分别解体出丹凤群和斜峪关群^[4], 时代置于早古生代。从而证明在北秦岭存在加里东褶皱带;

(4) 发现或进一步肯定了秦岭地区存在着较大规模的推覆构造^[6] ^[7] ^[8];

(5) 在研究北秦岭构造演化时提出了裂谷的形成与发展的构想^[6], 否定秦岭群与宽坪群形成时存在大洋的说法。

在这一阶段, 随着研究的不断深入, 北秦岭地质研究出现了一派欣欣向荣的景象, 同时也提出了一些新的问题, 出现了新的分歧, 这主要集中在秦岭群的层序、时代、地质环境和构造演化等方面。关于秦岭群的层序划分问题, 由于多期变形的识别和研究方法的引入, 原先根据后期叠加构造或穹窿背形建立的层序引起人们的怀疑, 开始着手恢复早期原始褶皱形态以建立正确的层序; 关于秦岭群的时代, 主要集中在显生宙与前寒武纪的争论上, 而主张属于前寒武纪者又有太古宙与元古宙之争; 秦岭群与宽坪群的关系问题, 即二者孰新孰老, 在当时始终未能得到统一, 争论一直持续到第四阶段。

四 研究工作的进一步深入阶段(1985年开始)

这一阶段的主要标志是地矿部重点秦巴科研攻关项目的全面开展, 各地质院校、科研单位以及地质队组成联合攻关队伍, 采用现代理论、技术、方法, 使研究工作更为广泛、深入, 在很多问题上取得了重要进展。这里着重谈谈有关秦岭群的研究。

关于秦岭群的层序, 现在多数人认为将丹凤群独立出来是恰当的, 秦岭群只应包括下部的黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩, 中部的长英质变质岩和钙硅酸盐岩和上部的厚层白云大理岩三部分^[6]; 另一种意见, 则认为石墨大理岩是推覆在秦岭群之上的飞来峰, 时代为早古生代, 不应包括在秦岭群之内^[7]。此外还有一些其他看法, 例如, 黑云斜长片麻岩与大理岩究竟谁上谁下等问题。

关于秦岭群的时代,通过近几年的工作,目前又重新趋于一致,认为主要属早元古宙,部分为晚太古宙,但仍有个人坚持早古生代的看法。新近出版了胡受奚等人的专著^[6],将秦岭群合并称为“秦岭—二郎坪群”,时代厘定为晚元古宙,这一问题看来是需要商榷的。

关于秦岭群的多期变形史,多数人同意秦岭群经历3~4期构造变形,早期为韧性或塑性变形,晚期为脆性变形。而片麻岩穹窿或混合岩穹窿则为加里东期形成。

秦岭群经历了3~4期区域变质作用,2~3期混合岩化作用,这已获得公认,但对于其主变质期的认识则有元古宙和加里东期的分歧。

秦岭群的形成及其构造演化是所有研究者极感兴趣的问题。除以前的各种看法外,近年来,大陆边缘裂谷或裂陷海槽的说法比较盛行,而所谓秦岭群(以及宽坪群)是古老洋壳的说法则显得依据不足,因为秦岭群和宽坪群的火山岩为大陆溢流拉斑玄武岩并与陆源碎屑沉积岩共生在一起。从元古宙到古生代,在华北地块南缘的北秦岭带中,裂谷曾长期发育,丹凤群和二郎坪群即形成于其中,后来上古生界、中生界又沿该带分布,推覆构造也不止一次发生过^[8],这就是裂谷多次拉张与闭合的证据^[10]。

秦岭群和北秦岭造山带的研究虽然暂时告一段落,我们固然应该为取得的巨大进展而高兴。但是,应该看到,在解决了很多问题的同时又发现和提出了一些新问题。这些新问题是更高层次的,它比已经解决的问题更加引人入胜,难度也更大。毫无疑问,秦岭群和北秦岭带的研究工作应该继续下去,半途而废将会造成很大损失。

凤太地区秦岭群的构造骨架

一 秦岭群的分布概况

凤县—太白地区的秦岭群分布于北秦岭主脊南侧,著名的太白山海拔3767 m,位于其东南。在工作地区内的最高峰为宝鸡—太白—凤县三县交界处的玉皇山,海拔2819 m,位于工作区北部(见图1,2)。由于汉江和嘉陵江的溯源袭夺,工作区内大小河流均自北向南

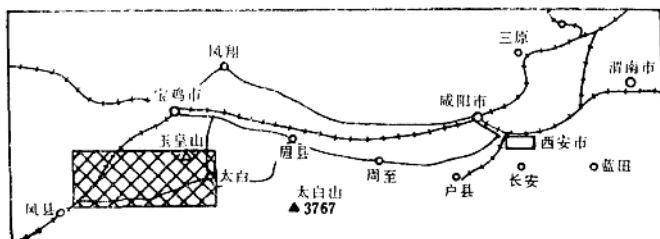


图1 工作区的交通位置图

Fig.1 Traffic map, showing the location of studied district

流,属于长江水系。凤县八方山以东各河流注入汉江,八方山以西各河流注入嘉陵江。所有这些长江上游支流地区,都是山高林密、人烟稀少地区,横向穿越十分困难,少数人的地质填图工作,是无法进行的。正是由于这一原因,到凤太地区从事秦岭群研究的人较少,工作程度不高。

秦岭群在区内东起太白县城,西至宝成线上的凤县白家店一带,延长60多公里。太白县城以东多为第四系复盖,白家店以西被断层切断。秦岭群的北界,在东部从秦岭梁至沙坝与宝鸡花岗岩(γ_5^{1-2})呈侵入或断层接触,在西部与草滩沟群或草凉驿组呈断层接触;其南界以白家店一靖口关一上白云断裂(商丹断裂的西延部分)与“丹凤群”或流岭群或东河群相邻(图2)。凤太地区秦岭群出露较全,多数河谷基本上垂直构造走向,沿河谷露头较好,较为连续。

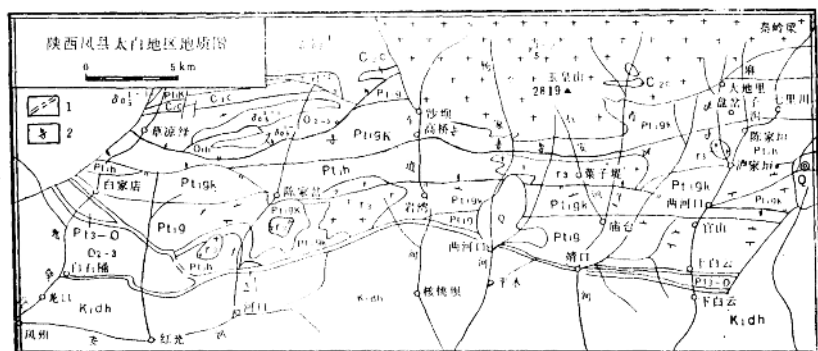


图2 陕西凤县—太白地区地质略图

Fig. 2 The simplified geological map of Feng County-Taibai County

(据陕三队原图修改)

1—大断裂; 2—地层产状; Q—第四系; K_{1dh}—东河群; C_{2c}—草凉驿组; D₂₋₃—流岭群; O₂₋₃—张家庄组; O_{1h}—红花铺组; P₁₋₃—丹凤群; P₁₋₄—宽坪群; P₁₋₅—沙坝组; P₁₋₆—过口组; P₁₋₇—官山组; γ_5^{1-2} —宝鸡花岗岩; δ_{35}^{1-2} —凤长岩; γ_3 —深熔花岗岩; Σ_3 —超镁铁质岩

在前人工作(陕三队, 1979; 陕西区调队, 1985)的基础上, 我们通过三年的野外观察和室内研究, 重新解释了凤太地区的秦岭群剖面, 并对秦岭群的多期变形、变质作用和岩浆活动进行了分析研究, 取得了一些新的认识。

秦岭群是经历了多期地质事件叠加改造了的复杂地质体, 早期构造多被置换和改造, 已经不易辨认。所以, 过去常以晚期叠加的开阔褶皱或复式单斜的构造型式来解释剖面, 并在此基础上建立了秦岭群的层序。自然, 这样建立的层序很难正确反映秦岭群的原岩建造。我们早就提出, 要正确地划分秦岭群的层序, 首先要从多期叠加构造中筛选出早期构造, 特别是第一期褶皱(F_1)^[3]。只有恢复了第一期褶皱形态, 才能正确地划分秦岭群的层序。

在对太白县—凤县一带秦岭群的十多条剖面进行了初步踏勘及观察之后, 我们选定了其

中的四条剖面（太白县红岩河下白云—秦岭梁，凤县杨家河两河口—两湾路，凤县中曲河沟门—岩湾—沙坝，宝成线的白家店—红花铺）进行了详细工作，并在剖面之间尽可能地进行了横向追索检查。工作的结果表明，红岩河和中曲河即车道沟剖面较好。在此基础上，终于恢复了本区秦岭群第一期平卧向斜的基本形态，并筛分出下列五个变形期次：

- (1) 元古宙早期平卧向斜；
- (2) 元古宙晚期紧闭同斜褶皱期；
- (3) 加里东片麻岩—深熔花岗岩穹窿期；
- (4) 海西—印支开阔直立褶皱期；
- (5) 中生代块断褶皱期。

二 早期平卧向斜及多期叠加变形

(一) 元古宙早期平卧向斜 (D_1)

在秦岭群中早已发现普遍保留有片内无根小褶皱，其轴面与同期片理 (S_1) 一致，据此推断秦岭群内存在早期平卧褶皱。以后，在红岩河剖面上发现剖面中部沪家垣大理岩南北两侧地层可以对比，继而在陈家垣麻子沟口左岸核部大理岩中发现了平卧向斜的转折端（图3、7）。其轴面走向近东西，倾向北，倾角30多度，与大理岩总体产状基本一致，从而确定本区秦岭群早期平卧褶皱 (F_1) 在区域上表现为一个大型的平卧向斜，大理岩为向斜核部最新地层。在大理岩北部界线附近岩层中曾见到的柔性次级小褶皱（图4），判定北翼为倒转翼，

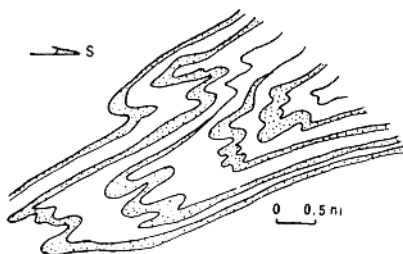


图3 陈家垣麻子沟平卧向斜核部大理岩中
向斜转折端素描

Fig. 3 Sketch map of hinge zone of the
recumbent syncline, Chenjiayuan,
Taibei County



图4 平卧向斜北翼核部大理岩底板附近
小型褶皱素描指示平卧向斜倒转翼

Fig. 4 Sketch map of folded marble
in the north limb of the recumbent
syncline, showing the inversion of
stratum

而后又在大理岩之南界线附近岩层中见到柔性次级小褶皱（图5），证明平卧向斜南翼确为正常翼；至此，北翼倒转之大型平卧向斜已被证实。经过追索，发现加里东期深熔花岗岩接