

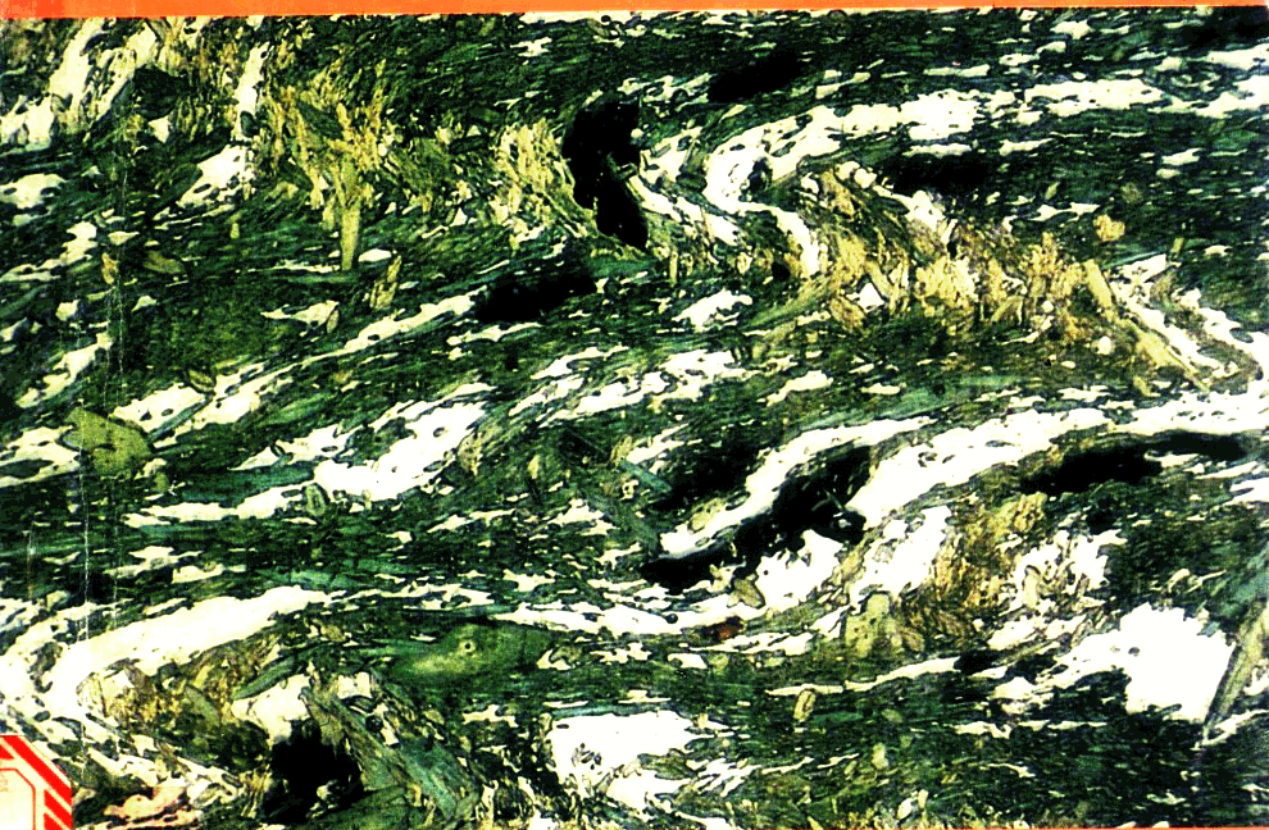
729821

# 秦岭—大巴山地质论文集

〈一〉

## 变质地质

刘国惠 张寿广 主编



北京科学技术出版社

## 前 言

《秦岭一大巴山地质文集(一)变质地质》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”之下,变质地层二级课题的成果。

秦巴变质地层下设6个三级课题,22个四级课题,有14个单位近百名中青年地质学家参加工作,涉及秦岭群、宽坪群、陶湾群、二郎坪群、毛集群、碧口群、鱼洞子群、白依沟群、武当群及南秦岭一大别山的蓝片岩带。在前人工作基础上,全体同志在秦巴科研领导小组的领导下,经过四年的艰苦努力,取得了丰富的野外第一性资料和大量的室内测试数据,解决了和正在解决着一些秦岭地区长期悬而未决的重要基础地质问题,这些成果对于揭示秦岭造山带的组成、结构、演化及成矿均有重要的意义。

1、经研究发现,原来的主要变质地层(如秦岭群、宽坪群、毛集群、碧口群等)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逐步作了解体,搞清了各主要变质地层的内涵和分布范围,基本查明了各群之间的接触关系。

2、基本确定了北秦岭变质地层的时代和它们的相对顺序。秦岭群属下元古界(主体部分年龄为20亿年左右),宽坪群属中、上元古界(年龄10亿年左右或稍早),陶湾群可能大体与震旦系相当(年龄介于5.7—7亿年之间),二郎坪群的主体部分属下古生界。

3、对南秦岭一些重要变质地层的时代也获得了重要进展。原碧口群可以解体为寒武系,震旦系和前震旦系三部分,解体后的碧口群属前震旦系;鱼洞子群属晚太古界(25—26亿年);武当群相当于长城系至青白口系;由西秦岭白龙江群解体出来的白依沟群被确认为震旦系。

4、对位于南秦岭一大别山的巨大的、古老高压变质带进行了多方面的工作,基本查明了蓝片岩的空间分布、地层层位、岩石种类和组成矿物等特征。

5、对变质地层采用了多学科的研究,即从地层学、岩石学、构造学、地球化学和同位素年代学等方面进行了综合研究,探索它们形成时的构造环境、所经历的变形、变质历史,以求将每个群作为秦岭造山带中一个地质体,研究其形成与演化历史。各有关课题组在这方面取得了丰硕成果。

尽管已经取得了许多重要成果,但由于秦岭变质地层的复杂性,以及经费和时间的限制,加之各课题组原有基础的不同等,因而对秦岭变质地层的研究仍存在许多问题。例如陶湾群的时代、若干地层的划分意见等均有较大分歧。读者阅读本文集时将会发现这方面的问题。

本书的论文均由参加科研第一线的各三、四级课题的同志撰写,所用资料较新,反映了“七五”期间秦岭变质地层研究的新成果,另有部分成果将在国家自然科学基金会资助的有关秦巴地质论文集发表。

本书中所反映的部分成果同时得到国家自然科学基金会的资助。本书自始至终得到地矿部秦巴科研领导小组组长项礼文研究员的关怀和支持，地矿部地质所姜春发研究员和王作勋副研究员对发起、组织该论文集起了推动作用，研究中得到豫、陕、川、甘、鄂五省地矿局、有关地质队、地质院校和地质科研单位的支持与帮助。地矿部地质所丛曰祥工程师为本书的编辑作了大量工作，地质所绘图室清绘了部分图件，康育民同志进行了植字。在此一并表示感谢。

张寿广 刘国惠

一九九〇年四月

# 目 录

|                          |                     |       |
|--------------------------|---------------------|-------|
| 前言                       | 张寿广 刘国惠             |       |
| 秦岭杂岩的变质变形史               | 游振东 索书田 韩郁菁 钟增球 陈能松 | (1)   |
| 秦岭杂岩和秦岭造山带               | 张国伟 周鼎武             | (11)  |
| 陕西太白地区秦岭群的岩石组合与变质作用      | 安三元 张维吉 杨家喜 林学军     | (25)  |
| 河南省宽坪群及其边界特征             | 林德超 王世炎 杜建山 刘振宏 黄载环 | (40)  |
| 东秦岭商洛地区宽坪群变质玄武岩的地球化学特征   | 万渝生 刘国惠 丛曰祥         | (47)  |
| 陕西商州焦安沟韧性剪切带             | 赵子然 张寿广             | (60)  |
| 陕西商洛地区宽坪群变质作用及演化         | 丛曰祥 刘国惠             | (72)  |
| 秦岭宽坪杂岩的变形作用与变质作用         | 张寿广                 | (89)  |
| 河南桐柏地区宽坪群与二郎坪群的构造环境与地壳演化 |                     |       |
|                          | 王仁民 陈珍珍 李平凡 苏尚国     | (99)  |
| 桐柏高级变质块体形成的温压条件          | 翟 淳 王奖臻             | (111) |
| 陶湾群的层序划分与时代归属            | 张维吉 胡健民             | (123) |
| 陕西陶湾群内寒武系岩块的地层学研究        | 王宗起                 | (132) |
| 小秦岭推覆构造与陶湾群变形            | 王作勋 姜春发 任纪舜 曲国胜 陈 富 | (143) |
| 二郎坪群蛇绿岩的产出环境             | 王润三 刘文荣 车自成 刘 良     | (154) |
| 西秦岭鱼洞子群的建立和时代归属          | 秦克令 邹湘华 何世平 宋述光     | (167) |
| 陕甘川碧口群的时代、地层特征及其划分与对比    | 赵祥生 马少龙 邹湘华         | (176) |
| 川西北碧口群的层序及时代             | 胡正东 刘正国 何书成         | (185) |
| 陕西碧口群火山作用浅析              | 肖思云                 | (198) |
| 甘肃碧口群含矿性的探讨              | 李耀敏                 | (212) |
| 华中高压变质带的岩石组合特征及成因        | 张树业 胡 克 乔兰勇 刘晓春     | (221) |
| 鄂北蓝片岩带变质作用及其成因           | 周高志 韩守荣 康维国 刘晓春     | (230) |
| 西秦岭南亚热带白依沟群研究            | 毛裕年 闵永明 罗 璘 文锦明     | (241) |

## Contents

|                                                                                                                                           |                                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Preface . . . . .                                                                                                                         | <i>Zhang Shouguang and Liu Guohui</i>                                             |       |
| Metamorphic and Deformational History of the Qinling Complex<br>. . . . .                                                                 | <i>You Zhendong, Suo Shutian, Han Yujing,<br/>Zhong Zengqiu and Chen Nengsong</i> | (10)  |
| The Qinling Complex and the Qinling Orogenic Belt<br>. . . . .                                                                            | <i>Zhang Guowei and Zhou dingwu</i>                                               | (24)  |
| Rock Associations and Metamorphism of the Qinling Group, Taibai, Shaanxi<br>. . . . .                                                     | <i>An Sanyuan, Zhang Weiji, Yang Jiayi and Lin Xuejun</i>                         | (39)  |
| Kuanping Group in Henan Province and its Boundary Features<br>. . . . .                                                                   | <i>Lin Dechao, Wang Shiyan, Du Jianshan,<br/>Liu Zhenhong and Huang Zaihuan</i>   | (46)  |
| Geochemical Characteristics of Meta-basalts from the Kuanping Group in<br>Shang-Luo Region, Eastern Qinling<br>. . . . .                  | <i>Wan Yusheng, Liu Guohui and Cong Yuexiang</i>                                  | (59)  |
| Research on the Jiaoangou Ductile Shear Zone in Shangzhou, Shaanxi Province<br>. . . . .                                                  | <i>Zhao Ziran and Zhang Shouguang</i>                                             | (70)  |
| Metamorphism and Evolution of the Kuanping Group in the Shan-Luo Region,<br>East Qinling Mountains<br>. . . . .                           | <i>Cong Yuexiang and Liu Guohui</i>                                               | (86)  |
| Deformation and Metamorphism of the Kuanping Complex in the Qinling<br>Orogenic Belt<br>. . . . .                                         | <i>Zhang Shouguang</i>                                                            | (97)  |
| Tectonic Environment and Crustal Evolution of the Kuanping Group and the<br>Erlangping Group in Tongbai Area, Henan Province<br>. . . . . | <i>Wang Renmin, Chen Zhenzhen, Li Pingfan and Su Shangguo</i>                     | (110) |
| Pressure and Temperature Conditions of Formation of the Tongbai High-Grade<br>Metamorphic block<br>. . . . .                              | <i>Zhai Chun and Wang Jiangzhen</i>                                               | (122) |
| The Sequence of the Taowan Group and Its Age<br>. . . . .                                                                                 | <i>Zhang Weiji and Hu Jianmin</i>                                                 | (131) |

|                                                                                                                           |                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| Stratigraphical Study on the Cambrian Blocks in the Taowan Group in Shaanxi<br>.....                                      | <i>Wang Zongqi</i>                                                    | (140) |
| The Xiao Qinling Nappe System and Its Relation to Deformation of the Taowan Group<br>.....                                | <i>Wang Zuoxun, Jiang Chunfa, Ren Jishun, Qu Guosheng and Chen Fu</i> | (153) |
| Occurrence Environment of the Ophiolites of the Erlangping Group<br>.....                                                 | <i>Wang Runsan, Liu Wenrong, Che Zicheng and Liu Liang</i>            | (166) |
| Establishment of the Yudongzi Group and Its Age in the West Qinling<br>.....                                              | <i>Qin Keling, Zou Xianghua, He Shiping and Song Shuguang</i>         | (175) |
| The Age, Characteristics, Division and Correlation of the Bikou Group<br>in Shaanxi, Gansu and Sichuan Provinces<br>..... | <i>Zhao Xiangsheng, Ma Shaolong and Zou Xianghua</i>                  | (183) |
| The Stratigraphic Sequence and Age of the Bikou Group in Northwestern Sichuan<br>.....                                    | <i>Hu Zhengdong, Liu Zhengguo and He Shucheng</i>                     | (197) |
| A Preliminary Study of Volcanism of the Bikou Group in Shaanxi Province<br>.....                                          | <i>Xiao Siyun</i>                                                     | (211) |
| A Discussion on Ore Potential of the Bikou Group in Gansu<br>.....                                                        | <i>Li Yaomin</i>                                                      | (220) |
| The Feature of the Rock Association and Origin of the High-Pressure<br>Metamorphic Belt in Central China<br>.....         | <i>Zhang Shuye, Hu Ke, Qiao Lanyong and Liu Xiaochun</i>              | (229) |
| Study on the Metamorphism of the Blueschist Zone in Northern Hubei and Its Genesis<br>.....                               | <i>Zhou Gaozhi, Han Shourong, Kang Weigou and Liu Xiaochun</i>        | (240) |
| The Baiyiguo Group in the Southern Subzone of the West Qinling<br>.....                                                   | <i>Mao Yunian, Min Yongming, Luo Ling and Wen Jinming</i>             | (258) |

# 秦岭杂岩的变质变形史

游振东 索书田 韩郁菁 钟增球 陈能松

(中国地质大学, 武汉, 430074<sup>①</sup>)

## 内 容 提 要

秦岭杂岩的变质变形史可分为三个阶段, 即硅铝壳形成阶段、韧性再造阶段和脆性变形改造阶段。早元古硅铝壳形成阶段, 可识别出至少三期的褶皱变形伴随以中压角闪岩相变质; 中晚元古代至古生代的多期韧性剪切带的发育, 低压角闪岩相变质和碰撞型花岗岩侵位, 大约在印支期出现脆-韧性变形及断陷型绿片岩相变质; 中生代以来秦岭杂岩进入脆性改造阶段, 地壳抬升, 伸展和脆性破裂, 伴随有燕山期花岗岩的侵位和接触变质。

## 一、引 言

展布于豫西陕南一带东秦岭山区的中高级结晶片岩通称秦岭群。张秋生教授 (1980) 将秦岭群归属太古界并指出它有多期变质变形历史, 陕西区调队在秦岭群内划分出 5 期 8 个阶段变质和 5 期变形。近年来秦岭群研究的主要进展在于从原秦岭群中分出了不同的构造地层单元, 并承认它是东秦岭较古老的地层单位。通过军马河马蹄湾断裂的确立, 重新厘定了秦岭群的北部构造边界, 获得了一批同位素年龄数据, 目前有根据认为秦岭群形成于元古代, 其两侧为变质古生代地层, 有证据证明其变质属古生代, 因此秦岭群可以看作秦岭造山带的核部杂岩 (游振东、索书田等, 1987), 可称秦岭变质核杂岩或秦岭杂岩。

秦岭杂岩以中高级区域变质为特征, 变质级达高角闪岩相, 东部至桐柏一带变质级更高, 可达麻粒岩相, 伴随花岗岩侵入和混合岩化作用秦岭群变形也很强烈, 除了元古代三期褶皱变形及相应的区域变质之外, 古生代加里东期的构造作用和岩浆作用强烈改造了这一杂岩并留下深刻的烙印。本文的目的在于以野外岩石间的相互关系和岩石学资料为依据, 重溯这一核部杂岩的变质变形史。

## 二、秦岭杂岩的原岩建造

秦岭群是由三个相互联系而相互区别的岩石序列所组成, 即核部杂岩的下部为黑云母斜长片麻岩、角闪岩、含榴黑云二长片麻岩、少量石榴砂线黑云片麻岩及大理岩、斑花大理岩等; 中部主要为钙硅酸盐岩石、大理岩和黑云母片麻岩; 上部主要为含石墨厚层白云石大理岩。在中上部之间断续出现石榴砂线黑云片麻岩。

这三个自然岩性组合分别代表: (1) 变质陆源碎屑 (包括泥质岩) 建造, 局部含基性火山岩; (2) 变质泥灰岩与部分变质砂岩建造和 (3) 浅水白云岩建造。它们都属于华北

<sup>①</sup> 邮政编码, 后同。

地台南缘元古代大陆边缘型火山沉积建造序列。这种随处可见的黑云母片麻岩-钙硅酸盐岩-石榴矽线片麻岩-厚层白云岩岩石序列,从陕西的太白、商县,经过河南的西峡、内乡一直穿越南阳盆地直达桐柏地区,延伸距离达 600km 以上,说明了此种火山沉积序列的内部稳定性。

大部分秦岭群的区域变质作用,可看成是等化学的。根据岩石化学研究,秦岭群变质岩可以分出 4 个岩石化学类型,其尼格里值: (1)富铝岩类,  $t \geq 15$ ; (2)长英岩类,  $t = 5 - 15$ ; (3)镁铁质岩类,  $t = -15 - 5$ ,  $qz = -30 - 30$ ; (4)钙质岩类,  $t < -35$ ,  $c > 48$ ,  $qz < 0$ 。各类岩石化学成分间的区别,可表示于  $t-qz$  图解(图 1),从整体看来以长英岩类为主,钙质岩次之,富铝岩类、基性岩类仅有少量产出,说明秦岭杂岩主要是陆壳岩石。

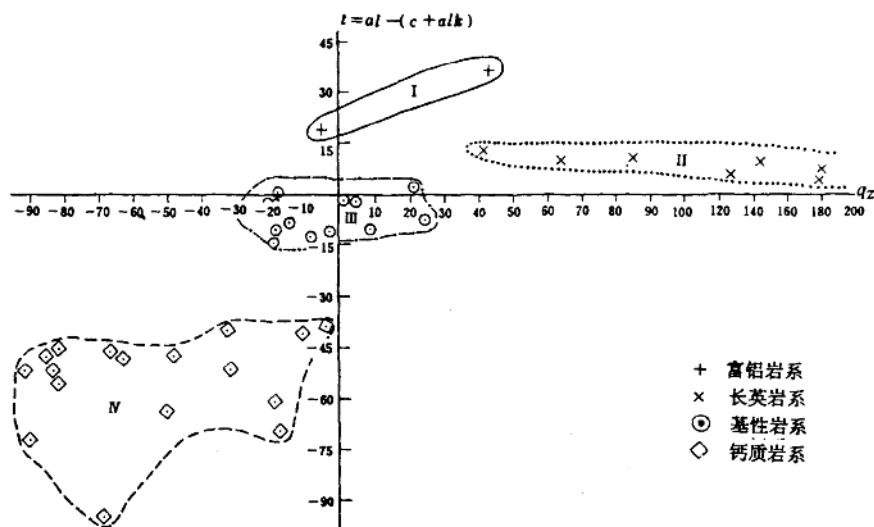


图 1 秦岭群四大岩类的  $t-qz$  图解  
Fig. 1  $t-qz$  plot of four major types of metamorphic rocks in the Qinling Group

秦岭杂岩中某些有代表性的变质泥质岩和变质砂岩的稀土和微量元素地球化学研究说明它们属于后太古沉积,变质泥质岩的稀土配分型式与 PAAS (后太古澳洲页岩) 相类似,其  $La/Th$  比值分别为 2.817 和 2.723,与元古变质沉积岩的  $(2.7 \pm 0.2)$  相近。在  $La-Th-Sc$  三元图解上投影于后太古代页岩区并接近于上地壳 (UC) 投影点,但与太古代两种混合组分的趋势无关 (S.M. McLennan 等, 1984)。

这些事实说明,秦岭群既不是如以前研究者所想像属于太古代;也不相当于其相邻地区的变质古生代地层;它很可能是华北地台南缘元古代火山沉积型的大陆边缘沉积岩。这一论断已经由我们和最近张宗清同志所做的同位素年龄资料所证实。

从板厂乡的古墓岗,采集了 9 个含石榴石的黑云斜长片麻岩样品,作全岩 Pb-Pb 法测定,根据其中  $Th-Pb$  比值计算出等时线,得出平均年龄值为 2210.89Ma,这一数据与张宗清同志等新近获得蛇尾黑云母片麻岩的 2260Ma 年龄值 (锆石 U-Pb 法)①相近。

①张宗清, 1989, 西安秦巴学术交流会上报告, 未公开发表。

### 三、秦岭杂岩的变质

秦岭杂岩的区域变质作用,从东西方向看具有一定的稳定性。从太白、凤县经商丹直至西峡蛇尾、板厂一带,表现为元古代早期的中压角闪岩相向低压组合过渡,因此在红柱石或矽线石片麻岩内常常可以发现早期蓝晶石的残余。只是在南阳盆地以东的桐柏一带有麻粒岩相的岩石出现<sup>①</sup>。从南北方向看则具不均匀性,蛇尾—马蹄湾剖面可以分出:(1)矽线石—白云母带;(2)矽线石—钾长石带和(3)红柱石—白云母带;大致显现出从弱到强到弱的基本趋势。这种情形可从蛇尾一带变质图中看出(图2)。

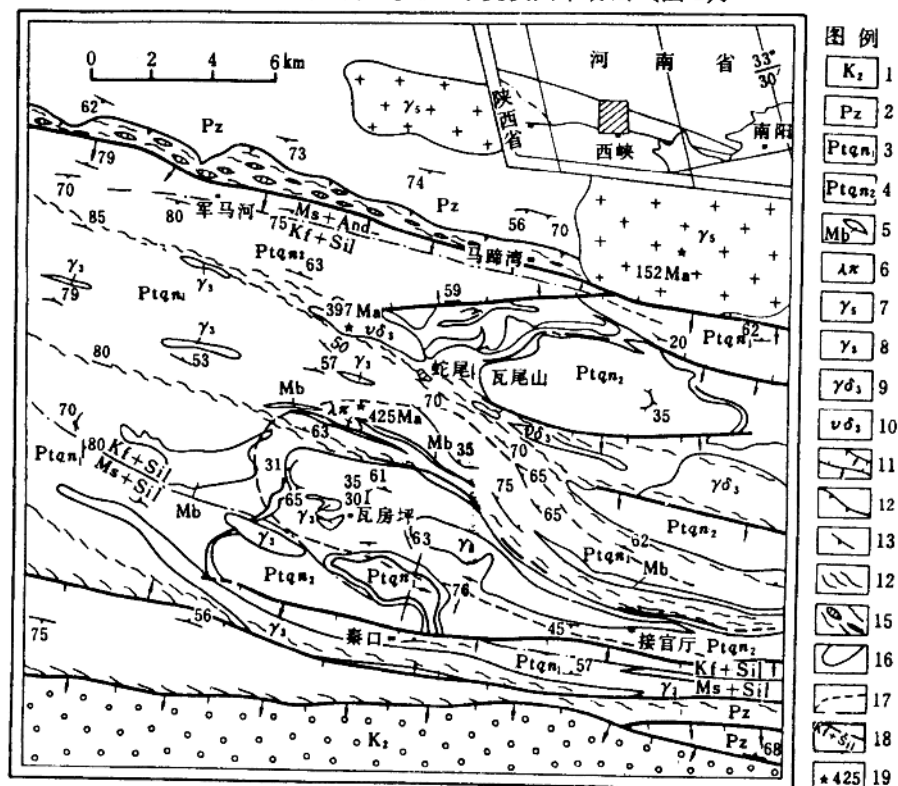


图2 豫西西峡蛇尾秦岭杂岩变质地质图

1—K<sub>2</sub> 红层; 2—变质古生界; 3—秦岭群中下部; 4—秦岭群上部厚层大理岩; 5—大理岩标志层; 6—石英斑岩; 7—燕山期花岗岩; 8—加里东期花岗岩; 9—花岗闪长岩; 10—辉长闪长岩; 11—推覆体前缘边界断裂; 12—断层; 13—片麻理; 14—韧性剪切带; 15—构造混杂岩; 16—地质界线; 17—加里东期热点(穹窿)界限 18—变质带; Ms—白云母; And—红柱石; Kf—钾长石; Sil—矽线石; 19—同位素年龄样品采集地(陈能松编图)

Fig. 2 Metamorphic map of Qinling complex in Shewei area, Xixia, Henan Province

1—K<sub>2</sub> red bed; 2—Metamorphosed Palaeozoic strata; 3—Middle-lower Qinling Group; 4—Thick marble of Upper Qinling Group; 5—Marker bed of marble; 6—Quartz-porphyry; 7—Yanshanian granite; 8—Caledonian granite; 9—Granodiorite; 10—Gabbro-diorite; 11—Boundary fault in nappe front; 12—Fault; 13—Gneissosity; 14—Ductile shear zone; 15—Tectonic melange; 16—Geological boundary; 17—Caledonian hot-spot limit; 18—Metamorphic zone; Ms—Muscovite, And—andalusite, Kf—K-feldspar, Sil—Sillimanite; 19—Sample locality for isotopic age

①翟淳(1987)秦巴学术会议文件,未公开发表。

秦岭杂岩区域变质作用在时间上的多期性是十分突出的，这表现在富铝岩系和贫钾长英岩系中  $Al_2SiO_5$  多型的共存。在西峡、秦口一带蓝晶石被矽线石所取代；在太白地区，安三元也报导了此种现象<sup>①</sup>；在马蹄湾一带，石榴石有分解为红柱石+黑云母的假像交代，并有新生红柱石出现；在钙质岩系中，出现了镁橄榄石周围的透辉石反应边；斜长石被方柱石所替代等多种类型的不平衡结构，标志着变质体制的变化。根据野外相互关系和镜下结构的观察，秦岭群富铝—长英岩系的多期变质矿物生长可以归纳于表 1。

表 1 秦岭杂岩富铝—长英岩系多期变质矿物生长顺序表

Table 1 Progressive polymetamorphic mineral variations of Al-rich felsic rock series of Qinling complex

| 变质带      | 生长世代 | 变形期 | 元 古 代          |                |                | 加里东期           | 印支期            | 燕山期            |
|----------|------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|          |      |     | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>5</sub> | D <sub>6</sub> |
| 砂线石—钾长石带 | 石英   |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 白云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 钾长石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 斜长石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 石榴石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 黑云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 蓝晶石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 矽线石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 绿泥石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          |      |     |                |                |                |                |                |                |
| 红柱石—白云母带 | 石英   |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 白云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 斜长石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 黑云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 石榴石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 蓝晶石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 红柱石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 矽线石  |     |                |                |                |                |                |                |
| 砂线石—白云母带 | 石英   |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 白云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 斜长石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 石榴石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 黑云母  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 蓝晶石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 矽线石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 黧帘石  |     |                |                |                |                |                |                |
|          | 绿泥石  |     |                |                |                |                |                |                |

①安三元等，1988，秦岭群的层序划分及变质地质，P.44，未公开发表。

表 1 主要强调区域变质带形成于元古代的  $D_1$  和  $D_2$  阶段。图 2 所示加里东期热穹隆, 表现为早期形成的矽线石、斜长石和黑云母反应生成新生的石榴石和钾长石。它是在元古代矽线石+钾长石带基础上发育起来的。

必须指出, 该表强调矿物形成的相对顺序, 至于其生成时代在很大程度上具推断性。

## 四、秦岭杂岩的变质变形事件

参照变形事件序次分析的常规准则 (变形的构造晚于被变形构造; 截切构造晚于被截切构造), 秦岭杂岩中变质、变形和岩浆等事件序列可归纳如表 2。表中把秦岭杂岩的演化分成了不同的阶段。

表 2 秦岭杂岩变质、变形及岩浆事件序列

| Table 2 Metamorphic, deformational and magmatic events of Qinling complex |                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| I 元古代硅铝壳形成阶段                                                              |                                                                       |
| 1. 大陆边缘沉积和基性火山作用 (~2300Ma)                                                | $D_1$ 平卧褶皱之发育<br>$D_2$ 不对称倒转及箭鞘褶皱<br>$Sh_1$ 韧性剪切变形<br>$D_3$ 正弦曲线状开阔褶皱 |
| 2. 角闪岩相递变增变质作用 (~990.68Ma)                                                |                                                                       |
| 3. 花岗岩的侵位及混合岩化                                                            |                                                                       |
| II 加里东韧性再造阶段                                                              |                                                                       |
| 4. 岛弧蛇绿岩及弧后盆地沉积 (邻区)                                                      | $D_4$ $Sh_1$ 秦岭群逆冲到二郎坪群之上<br>$Sh_2$ 韧性剪切带和糜棱岩化                        |
| 5. $\delta_3$ 辉长闪长岩的侵入                                                    |                                                                       |
| 6. $\gamma_3$ -白云母花岗岩 (452Ma)                                             |                                                                       |
| 7. 动力热变质及混合岩化                                                             |                                                                       |
| III 印支期退变质作用                                                              |                                                                       |
| 8. 断陷型绿片岩相变质                                                              | $D_5$ 褶皱、推覆、脆-韧性变形, 秦岭群退变质                                            |
| IV 燕山期的脆性改造                                                               |                                                                       |
| 9. 中酸性-酸性浅成、中深成花岗岩岩浆侵入活动 (152Ma)<br>秦岭群局部接触变质及低温热液蚀变                      | $D_6$ 爆破角砾岩化脆性断裂                                                      |

### (一) 元古代硅铝壳形成阶段

继 23 亿年左右秦岭群大陆边缘沉积和部分地区的基性火山作用之后, 秦岭群发生变质和变形, 有三组同位素年龄说明了元古代时期秦岭群所经历的热事件, 即 1878.96Ma (Th-Pb 等时线, 内乡板厂)、990.68Ma (Rb-Sr 等时线内乡郭庄) 和 722.14—779.30Ma (Rb-Sr 等时线, 西峡寨根), 其中以 990.68Ma 最为重要, 它可能是中压角闪岩相变质的最主要时期。

根据弱应变域的地质填图, 可以识别三个褶皱幕: 第一幕发育了不同尺度的平卧褶皱, 西峡北石墨大理岩平卧褶皱是最典型一例; 第二幕发育了不对称倒转褶皱及 NW-SE 向箭鞘褶皱, 局部伴随早期韧性剪切带 ( $Sh_1$ ); 第三幕是正弦曲线状开阔褶皱, 它决定了现今秦岭群的主体构造 (图 3)。

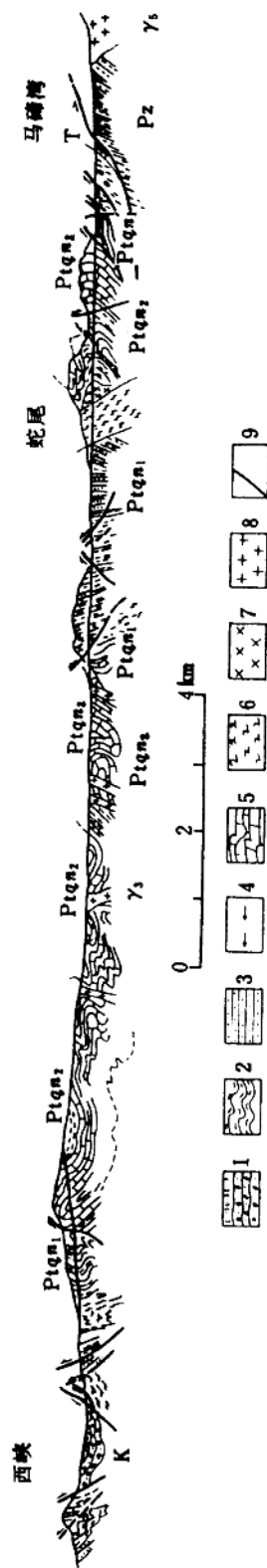


图 3 西峡蛇尾秦岭杂岩构造剖面 (据索书田原图)

1—白垩纪红层; 2—秦岭群片麻岩; 3—黑云变粒岩; 4—砂线石产地; 5—大理岩; 6—韧性剪切带;  
7—加里东期辉长岩; 8—花岗岩体; 9—断裂; T—三叠系断陷变质带

Fig. 3 Structural section of Qinling complex in Shewei, Xixia, Henan

1—Cretaceous red beds; 2—Qinling Group gneiss; 3—Biotite-leptynite; 4—Sillimanite occurrence;  
5—Marble; 6—Ductile shear zone (mylonite zone); 7—Caledonian gabbro; 8—Granite mass; 9—Fault;  
T—Triassic fault-depressed metamorphic zone

利用变晶的生长与片理之间的结构关系,可以概略判定变质变形时序。西峡北分水岭一带含石榴矽线黑云片麻岩中,主要面理(片麻理)与 $S_1(=S_2)$ 相一致,其中石榴石变斑晶生长之后,受到旋转,纤状矽线石集合体也显示复杂的显微褶皱,黑云母显示扭折带;在石墨大理岩中石墨片平行于 $F_1$ 轴面而生长。凡此说明角闪岩相的变质可能与第一和第二幕褶皱变形同时。

由于早期褶皱变形和逆冲作用,导致秦岭群地壳缩短并急剧增厚在较高岩压下出现蓝晶石+钾长石组合,后来其下部岩系在地幔热流的影响下,发生了中压角闪岩相的区域变质作用。根据区域变质岩中石榴石-黑云母温度计和石榴石-斜长石-矽线石-石英压力计,估算了矽线石-钾长石带的变质条件,温度为 $680-739^{\circ}\text{C}$ ,压力为 $0.62-0.7\text{GPa}$ ;矽线石-白云母带的变质条件是:温度为 $618-665^{\circ}\text{C}$ ,压力为 $0.71-0.76\text{GPa}$ 。

随着地壳均衡抬升,整个变质地体降压,出现了红柱石代替矽线石现象,压力不超过 $0.5\text{GPa}$ 。据寨根地区含石榴黑云斜长片麻岩中石榴石-黑云母温度计计算结果,温度为 $580-620^{\circ}\text{C}$ ,压力为 $0.42\text{GPa}$ 。

由此可见,当早期蓝晶石转变为晚期矽线石,压力降低达 $0.2-0.3\text{GPa}$ ,相应抬升距离约 $10\text{km}$ 。

从图2亦可看到,三个变质带等变线的分布切割了第二期褶皱的轴面 $F_2$ ,标志着变质作用的结束晚于第二期变形,其变质年龄约为 $900-1000\text{Ma}$ 。

## (二) 加里东韧性再造阶段

秦岭杂岩的主体构造格局形成于晚元古代,在加里东运动影响下,整体卷入于秦岭-祁连加里东褶皱带并受强烈再造,最显著的再造应是岩浆的侵入和韧性剪切带的发育。

最主要的加里东岩浆事件是基性、中性至酸性火成岩体的侵入。蛇尾与雁岭之间NW向延伸的辉长闪长岩和花岗闪长岩体是一个典型的侵入体链。该辉长闪长岩体的同位素年龄大于 $396\text{Ma}$ 。蛇尾附近的辉长闪长岩体受到了混合岩化,并产生了角砾混合岩,之后沿此构造岩浆带有韧性剪切带的发育。与此相似,区内还发育了其它的韧性剪切带,包括糜棱岩带。这些强应变带切割了秦岭杂岩,造成了一种强应变带和弱应变域平行并置的透镜状格局。

图2表明在瓦房坪附近,由于加里东花岗岩体的侵入,有一个热穹窿形的构造,其中出现了在原区域变质矿物组合基础上的重结晶,并有新生石榴石、矽线石、钾长石、黑云母和粒硅镁石等矿物,据共生石榴石-黑云母矿物对估算其温压条件,温度为 $674-694^{\circ}\text{C}$ ,压力为 $0.45\text{GPa}$ 。

从区域构造分析,秦岭杂岩两侧有加里东期蛇绿岩套发育,如二郎坪群和丹凤群等。它们分别代表弧后盆地和岛弧型蛇绿岩。秦岭杂岩挟持其间形成岛弧。由于扬子板块向华北板块的俯冲和碰撞,在岛弧内诱发了花岗岩的侵入和原变质岩的混合岩化。这就降低了地壳的密度,引起秦岭杂岩向上浮起,它向北逆冲到二郎坪群之上,向南则逆冲于丹凤群(陕西商丹)、刘岭群、信阳群(西峡内卿地区)之上。

在北部推覆体的前沿,由于雁岭沟组大理岩中夹有不少能干性强的岩体或夹层,在剪切作用下,造成绵延数百公里的巨型构造混杂岩带,构成秦岭杂岩北部重要的构造边界地质体。

### (三) 印支期的退变质阶段

印支期是秦岭造山带演化中最后的一次碰撞时期,造山变质效应首先表现为从马蹄湾至汤河魏王坪一带三叠系砂板岩的绿片岩相变质作用,由于它发生于断陷盆地内,因此可称断陷变质作用。在断陷盆地两侧的秦岭群必然也要受其影响,一般表现为高度糜棱岩化和退变质作用。

印支期糜棱岩以衙役沟、磨沟一带出现的糜棱岩为代表,以脆-韧性过渡型为特点,显示地壳较高层次变形。而秦岭群的退变质,如石榴石的绿泥石化,斜长石的绢云母化、绿帘石化等现象可能与此期运动有关。

### (四) 燕山期脆性改造作用阶段

中生代以后,秦岭群分布范围内的地壳活动性已大大衰减。此阶段的变形主要表现为地壳抬升、伸展和脆性剪切破裂而形成高角度的正或逆断层,控制着地堑、半地堑式山间断陷盆地的发育。通过夏馆一七里坪盆地平衡剖面分析,这些盆地的最大宽度,一般都是现在盆地宽度的两倍。

除伸展构造脆性破裂之外,尚有中深至浅层次花岗岩体的侵入。如黄花幔(二郎坪)岩体,其附近的碳酸盐岩变质为透闪石大理岩,具加大的透闪石。在黄花幔以南的曼子坪岩体为浅成酸性侵入体,围岩片麻岩高度硅化并角砾化;而其周围斑花大理岩中镁橄榄石蛇纹石化;蛇尾北马蹄湾村附近三叠系炭质板岩中的红柱石(空晶石)假晶显示后构造期的特点,可能受过黄花幔(二郎坪)花岗岩体的热影响。

## 五、结 论

从现有研究成果,可概略总结如下。

1. 秦岭群主体部分由变质陆源碎屑建造、变质泥灰岩变质砂岩建造和变质白云岩建造等所组成,这些原岩建造的大地构造属性是华北地台南缘元古代活动大陆边缘型火山-沉积建造,其沉积年龄约为 2300Ma。它可能是统一的中国古克拉通裂陷解体,形成于华北陆块边缘的沉积,经过多期变形而拼贴于硅铝壳之上,构成华北陆块硅铝壳的一个组成部分。

秦岭群与其北的“宽坪群”极不相同,宽坪群富含火山岩,其中变质镁铁质岩具大洋拉斑玄武岩成分特征,变质程度也较低(绿片岩至低角闪岩相),因之它不与秦岭群相当而是华北地台南缘的一个裂谷型海盆环境的元古代沉积火山堆积体。

宽坪群、熊耳群和二郎坪群的发育,说明了秦岭群形成以来多期“开与合”的构造作用。后期阶段的构造演化势必影响早期的秦岭杂岩,使秦岭群也受到晚元古热事件影响。

2. 加里东期硅铝壳的韧性再造作用深刻影响着秦岭杂岩,秦岭杂岩作为岛弧断续出现在东秦岭古洋内。泥盆纪末(约 452Ma)的碰撞事件,引起加里东期花岗岩的侵位、混合岩化和低压高角闪岩相的热点型区域动力热流变质作用,同时引起地壳密度的降低和秦岭杂岩的抬升。大规模推覆,逆冲推覆之后,应变集中于某些狭窄的韧性剪切带上,它们切割秦岭杂岩构成了强应变带和弱应变域平行并置的透镜体,成为该区最显著的构造格局。

3. 对秦岭杂岩变质变形史的研究揭示了区域变质作用的复杂性,它一方面包含空间

上广泛分布的元古代中压递进区域变质作用, 另一方面又有加里东期热点型动热变质。变质作用的这种复杂性反映了地壳热流演化的复杂性。尽管地壳热状况的总体变异趋势是热流值随时代变新而递减, 但地质历史的某些时期又表现为热流值局部的增加, 这说明了地壳热流演化进程的周期性, 部分地反映出构造环境从活动到稳定又从稳定达到再活化的过程。

硅铝壳韧性再造和脆性改造过程, 可能导致石墨、海泡石和铜-金多金属矿床等的富集。

## 致 谢

本文由地矿部秦巴项目所资助。探针分析由北京中国地质大学探针室完成, 硅酸盐化学全分析, 微量元素、REE 和同位素年龄测定等分别由湖北省地质实验室和中国地质科学院宜昌地矿所承担, 作者等谨此表示谢忱。

## 参 考 文 献

- (1) 董申保, 1983, 变质作用类型划分初议 中国区域地质, 第3期1—14页。
- (2) 董申保, 1987, 中国变质作用及其与地壳演化的关系, 地质专报 第三种第4号, 地质出版社, 12, 214—223页。
- (3) 肖思云等, 1988, 北秦岭变质地层 (上卷), 西安交大出版社, 9页。
- (4) 杨巍然, 1987, 东秦岭“开合”史, 地球科学, 第12卷, 第3期, 487—494页。
- (5) 游振东、索书田等, 1987, 豫西秦岭群变质岩相学特征及早期地壳演化, 地球科学, 第12卷, 第3期, 321—328页。
- (6) 张国伟等, 1987, 秦岭造山带的形成及其演化, 西北大学出版社。
- (7) 张秋生主编, 1980, 东秦岭变质地质, 吉林人民出版社, 1—2页。
- (8) 张寿广等, 1987, 东秦岭北部主要变质岩系及早期地壳演化, 长春地质学院学报 (变质地质学专辑), 139—146页。
- (9) McLennan, S.M. and S.R.Taylor, 1984, Archaean sedimentary rocks and their relation to the composition of the Archaean continental crust. in "Archaean Geochemistry", A. Kroner (ed.) Springer-verlag, PP.46—48.
- (10) Добрецов, Н.Л., 1981, Глобальные петрологические процессы М. Недра, 208—214.

# METAMORPHIC AND DEFORMATIONAL HISTORY OF THE QINLING COMPLEX

You Zhengdong, Suo Shutian, Han Yujing, Zhong Zengqiu  
and Chen Nengsong

*(China University of Geosciences, Wuhan, 430074)*

## Abstract

The metamorphic and deformational history of the Qinling complex can be divided into three stages, i.e., sialic crust formation, ductile reworking and brittle deformation.

During the formation of Early Proterozoic sialic crust, at least three stages of deformation occurred. The regional metamorphism of medium pressure amphibolite facies may be earlier or synchronous with the first 2 stages of folding. The ductile reworking from Middle-Late Proterozoic to Early Paleozoic was characterized by the development of polyphase ductile shear zones, the metamorphism of low pressure amphibolite facies and the emplacement of granitic massif of collisional type. The brittle-ductile deformation and the greenschist facies metamorphism of fault-depression type occurred during the Indosinian movement. The brittle deformation of the Qinling complex, starting in Early Mesozoic, has been displayed by the uplift of the continental crust, extensional movement and brittle fracturing and the intrusion of Yanshanian granites was accompanied with local contact metamorphism.

# 秦岭杂岩和秦岭造山带

张国伟 周鼎武

(西北大学地质系, 西安, 710069)

## 内 容 提 要

秦岭杂岩是夹持在秦岭造山带中的一套前寒武纪构造地层岩石组合体, 是原“秦岭群”解体后分出的基底变质结晶杂岩系。它由不具地层层序关系的上下两个构造岩层群组成, 原岩具大陆裂谷和陆缘环境形成特征。它们在经历了前寒武纪时期自身的形成与演化之后, 又遭受了显生宙以来秦岭造山带形成与演化过程中的多次强烈改造与重建。具有复杂的构成和多期岩浆、变质、变形叠加的演化史, 为秦岭造山带中古老而独特的变质杂岩系, 不同于稳定克拉通的结晶基底岩系。它对研究秦岭造山带的形成与演化具有重要意义。

秦岭杂岩相当于原“秦岭群”的主要组成部分。由于原“秦岭群”实际上是一套包含不同时代地质体的构造岩石组合体, 不具有单一地层单元含义, 而且解体后的所谓“真正秦岭群”, 也是由前寒武纪时期不同时代岩石地层块体以构造关系组合而成, 同样不具单一地层概念, 故将它称作“秦岭杂岩”更为合理恰当, 所以本文以“秦岭杂岩”统称之 (图 1)。

原“秦岭群”是 1931 年由赵亚曾、黄汲清提出的“秦岭系”后经演变, 于 1960 年为陕西区调队首先使用的地层单位 (1/20 万宝鸡幅地质图, 1960)。长期以来关于其时代与地质含义颇有争议, 迄今尚未统一。由于它关系到秦岭造山带形成与演化等基本地质问题和矿产的开发评价, 因而成为秦岭造山带亟待解决的重要基础地质问题之一。秦巴科研项目在前人研究基础上, 进行了新一轮调研。对具有一定代表性的商丹地区的 8 个剖面, 结合其它地区 9 个剖面以及丹凤地区关键地段的 1:1 万的地质填图, 以及对秦岭杂岩的组成、岩石地球化学及其原岩建造以构造为主多学科综合研究, 取得了显著进展。限于篇幅, 本文作为秦巴科研成果之一, 仅对秦岭杂岩进行论述探讨。

## 一、秦岭造山带和秦岭杂岩的基本地质特征

秦岭造山带是横亘于我国中部的著名大陆造山带, 是我国南北地质的重要分界线, 在中国大陆地壳的形成与演化中占有特殊地位, 并且对于特提斯构造带的研究, 也具有独特的地质意义。因此, 众多国内外学者对它进行了大量研究, 并提出了不同看法。我们通过多学科综合研究认为, 秦岭造山带是一个典型的复合型大陆造山带 (张国伟等, 1988)。它在其不同地质演化阶段以不同的构造体制发生、发展, 具有长期演化的历史和复杂的构成。按现有秦岭区岩石圈结构测深剖面 and 地表地质特征, 以洛南-栾川-方城断裂系和商丹断裂边界地质体为界, 可将其划分为三个构造单元 (图 2), 自北而南依次为: 华北地