

甘肃省地质矿产局重点科研项目

# 西秦岭造山带的 建造与地质演化

霍福臣 李永军 著

西北大学出版社

# 序

近年来,甘肃省地质矿产局瞄准了地质情况复杂,研究程度相对偏低且工作条件十分艰苦的西秦岭地区,开展了大量区调、填图、专题研究和矿产普查工作。本书即是甘肃省地矿局重点科研项目之一的成果总结。作者以大量野外第一手实际资料为依据,以最新地质学理论为指导,在前人研究成果的基础上,创造性地提出了造山带地区的研究方法和思路,完善了地层区划理论,理顺了本区长期有争议的地层分区、主要地层命名与归属。在分析对比物质建造的基础上,提出了大地构造发展演化的四个阶段和三类造山特征,揭示了西秦岭造山带的独特性和演化规律;提出了造山带板块构造背景下的六类侵入岩构造成因分类方案,丰富了侵入岩的成因分类理论;首次提出并论证了中秦岭拉分盆地的构造特征和重要意义;探讨了主要成矿系列与建造及区域构造发展演化的关系,提出了主要系列的成矿机理和模式,并指出了主要矿产的找矿方法与方向。

不难看出,作者具有创造性的研究,以及提出的新思路和研究方法,具有重要的理论意义和实用价值。《西秦岭造山带的建造与地质演化》一书的出版,将会大大提高西秦岭地区的研究程度,并将促进西秦岭造山带研究的更加深入,也为邻区乃至大陆造山带的研究积累了宝贵经验。

我衷心祝贺本书的正式出版,并向地学界朋友郑重推荐,相信本书会给您许多重要启迪。

假先明

1995.2

# 前 言

秦岭造山带是典型的大陆造山带，是中国南北的主要地质分界，早为中外地质学者所认识和关注；更由于矿藏丰富而成为我国的重要资源开发基地之一。大致以宝成线和甘、陕两省省界为界，位于甘肃省境内的秦岭西段——西秦岭地区，又恰是西连祁连造山带，北邻华北地块，南接扬子地块的连接地带。区内各种岩类出露齐全，类型多样，地质构造十分复杂，是开展造山带研究的理想选区，其中有世界级的大型铅锌和丰富的金、银等矿产，后备潜力极大。因此，开展这一地区的重大基础地质问题和与之相关的成矿系列研究，具有重要的科学意义和经济价值。

1989年底，甘肃省地矿局领导和有关专家高瞻远瞩，将北秦岭基础地质研究列入局重点科研项目。翌年，在局总工汤中立教授级高工及管科研的唐灵秀高级工程师的关怀和指导下，西安地质学院张维吉研究员、甘肃地矿局第一地质队孟宪恂两位专家率10余位研究者，进行了祁连-北秦岭造山带接合部位构造特征与造山过程的研究。通过3年多的艰辛研究，取得了重大进展和一些突破性认识，得到了国内许多专家的肯定和认可。项目于1993年夏在兰州，由地矿局组织有关专家评审中，给予了很高评价。这一成果推动了西秦岭地区的基础地质研究，并开创了一个成功的生产与科研、教学单位相结合，联合攻关的范例。

为进一步深化和扩大这一成果，理顺整个西秦岭地区的地层系统和格架，重点分析上一项目研究区之南的晚古生代以来主要地质时期的海相沉积建造、环境及盆地的演化特征及其与区域成矿作用的关系，总结和研究成矿系列和找矿方向，甘肃省地矿局于1993年设立了“西秦岭构造盆地物质建造与成矿系列研究”项目。

本项目作为前一项目的继续和延伸，在工作安排、研究内容、思路方法等方面，继续得到了汤中立、唐灵秀等领导的重视、帮助和指导，得到了殷先明总工和张廷瑞处长的大力支持，得到了前一项目负责人张维吉、孟宪恂两位专家的指导和帮助。研究区北接上一项目研究区南界；南至文县-碧口一带；西起岷县-舟曲县一线；东到甘陕交界的宝成线，横跨甘肃东南部的陇南、甘南、定西、天水四地（州）。总面积约45000km<sup>2</sup>。其地理坐标为东经104°00′~106°30′，北纬32°40′~35°00′。

依照任务书要求，1993年完成主要外业调查和部分资料收集，1994年补做少量外业工作后转入室内整理和研究工作。两年来，共完成专题地质剖面考察348km，考察重要矿带及典型矿床4处，采集标本薄片9套，稀土配分分析26件，化石（含微体化石）5件，硅酸盐全分析14件，微量元素定量分析40件，稳定同位素测定16件。工作中查阅各种资料、报告达500余份，收集、计算和处理西秦岭地区的侵入岩、变质岩有关数据超过2000组。绘制各类插图、附表近100份，系统编制了研究区1:20万地质（组）图。

本项目样品加工测试工作由西安煤炭研究分院、西安地质矿产研究所、西安地质学院、地矿部西安综合岩矿测试中心及甘肃省地矿局第一地质队等单位实验室承担。

书中引用了甘肃省地矿局区调队、第一地质队、研究所、第三地质队等单位的部分未刊资料。工作自始至终得到了局总工汤中立高工、张庭瑞处长、唐灵秀高工的极大关怀、帮助和指导。西安地质学院张维吉研究员、王全庆副教授，在项目选题、论证及立项报告的编写、项目工作部署及最终成文的全过程中，都一直亲临指导，帮助解决了许多实际困难，

多次为项目不辞辛劳而奔波，并修改了全文，提出了许多宝贵意见。张国伟、安三元、成汉钧教授，曹宣铎、叶晓荣研究员，蔡体梁、郑文林、朱伟元高工等一直关注本项目的进展，并与作者们进行了多次有针对性的讨论，不仅使作者们受到了许多启发，而且也提供了一些重要的地质资料和信息；孟宪恂、陈宗双高工、梁炳仁工程师及西安地质学院在读硕士研究生朱富俊等参加了项目的部分外业调查和室内整理工作；甘肃省地矿局资料处、区调队、第一地质队、第三地质队、西安地质学院研究生部等单位在各方面给予了大力支持和帮助。

项目于1994年10月在兰州评审中，由甘肃省地矿局殷先明、汤中立、张廷瑞、郑文林、杨栋才、蔡体梁、孟宪恂、许成才，兰州大学付学时，西安地质学院赵中奇、成汉钧、张维吉、王全庆、付鸿照、刘社华15位专家组成的评审组认为：“本研究成果对西秦岭东段地区的基础地质问题涉及内容广泛，研究指导思想明确，方法手段多样，作者不墨守成规、敢于创新，提出了一些新的思路和见解，取得了重大进展。成果基础资料扎实，内容丰富，文字流畅，立论有据，分析深入，图文并茂，在西秦岭基础地质研究方面总体上达到了国内先进水平，部分达到国内领先水平，是对西秦岭地区物质建造和构造演化等方面的全面系统而又富于创新的总结，并决定予以出版。”作者们深感由于自己水平有限，加之一些客观原因，成果仍有许多不足之处。我们以过奖评价为修改动力和目标，逐一进行了修改。

书中所附地质图由甘肃省地矿局第一地质队火翠玲、李桂芳、梁淑芬清绘，其它插图由陕西区调队清绘。

全书文字由梁炳仁等录入，由董洁修改、编排。

本书作为已出版的《祁连-北秦岭造山带接合部位构造特征与造山过程》一书的姊妹篇，出版在即。借此机会向给予本项研究大力支持、帮助和指导的所有专家；向评审项目成果并提出宝贵意见的所有评审专家；向帮助野外调查、文字录入、清绘、编排的同志们一并致以衷心的感谢；向将要花费宝贵时间，阅读本书的读者表示感谢和歉意，并期待着读后的批评与斧正。

作 者

# 目 录

## 前 言

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第一章 区域地层构造的基本格架 .....                  | 1   |
| 第一节 地层分区的划分原则 .....                    | 1   |
| 第二节 地层分区及构造格架划分方案 .....                | 2   |
| 第二章 前泥盆纪建造 .....                       | 5   |
| 第一节 太古-早元古代(统一原始陆核阶段)结晶基底建造 .....      | 5   |
| 第二节 中晚元古代(秦岭开洋-闭洋阶段)褶皱基底建造 .....       | 9   |
| 第三节 晚震旦-早古生代(陆间“开”、“合”与秦岭造山阶段)建造 ..... | 14  |
| 第四节 小 结 .....                          | 22  |
| 第三章 晚古生代以来的沉积建造 .....                  | 24  |
| 第一节 晚古生代以来西秦岭构造盆地的基本特征 .....           | 24  |
| 第二节 南秦岭晚古生代以来扬子型稳定沉积建造 .....           | 24  |
| 第三节 南秦岭中三叠统特提斯型裂陷沉积建造 .....            | 45  |
| 第四节 中秦岭拉分盆地沉积建造 .....                  | 48  |
| 第五节 北秦岭造山末期磨拉石建造 .....                 | 60  |
| 第六节 北秦岭造山后特提斯裂陷沉积建造 .....              | 61  |
| 第四章 构造-侵入岩特征 .....                     | 67  |
| 第一节 侵入岩的成因研究现状 .....                   | 67  |
| 第二节 造山带侵入岩的板块构造背景分类 .....              | 67  |
| 第三节 西秦岭地区的构造-侵入岩带 .....                | 68  |
| 第四节 构造-侵入岩的形成与演化规律 .....               | 101 |
| 第五章 构造特征及盆地演化 .....                    | 108 |
| 第一节 前泥盆纪建造的构造特征及演化 .....               | 108 |
| 第二节 晚古生代以来盆地的构造演化 .....                | 114 |
| 第三节 盆地演化史小结 .....                      | 119 |
| 第六章 成矿系列 .....                         | 121 |
| 第一节 成矿系列的基本概念和研究现状 .....               | 121 |
| 第二节 区域成矿地质条件及矿产调查概况 .....              | 121 |
| 第三节 成矿区带和成矿系列划分 .....                  | 123 |
| 第四节 主要成矿系列、亚系列的成矿机理及模式 .....           | 123 |
| 第五节 区域成矿规律和找矿方向 .....                  | 156 |
| 结束语 .....                              | 158 |
| 参考文献 .....                             | 162 |
| 附 图 西秦岭东段地质图                           |     |

# Contents

## Preface

|                  |                                                                                                                                               |            |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Chapter 1</b> | <b>Basic framework on the regional stratigraphy and tectonics .....</b>                                                                       | <b>1</b>   |
| section 1        | Differentiating principles of the stratigraphic division .....                                                                                | 1          |
| section 2        | Differentiating plan on the stratigraphic division<br>and structural framework .....                                                          | 2          |
| <b>Chapter 2</b> | <b>Formation of Pre-Devonian .....</b>                                                                                                        | <b>5</b>   |
| section 1        | Formation of crystalline basement for archean era-Lower proteronic era<br>(the stage of unified-original continental nucleus) .....           | 5          |
| section 2        | Formation of folded basement for middle-Upper Proterozoic era<br>(the stage of open ocean and close ocean) .....                              | 9          |
| section 3        | Formation for upper Sinian-Lower Palaeozoic era (the stage of "opening"<br>and "closing" between continents and Qinling orogenic epoch) ..... | 14         |
| section 4        | Brief summary .....                                                                                                                           | 22         |
| <b>Chapter 3</b> | <b>Sedimentary formation after lower palaeozoic era .....</b>                                                                                 | <b>24</b>  |
| section 1        | Basic features of structural basin for western Qinling after lower<br>palaeozoic era .....                                                    | 24         |
| section 2        | Stable sedimentary formation of Yangzi-type for southern Qinling<br>after lower palaeozoic era .....                                          | 24         |
| section 3        | Rift sedimentary formation of Tethys-type of middle Triassic<br>in Southern Qinling .....                                                     | 45         |
| section 4        | Sedimentary formation of pull-apart basin in middle Qinling sub region...                                                                     | 50         |
| section 5        | Molasse formation during the end of orogenic period<br>in Northern Qinling .....                                                              | 60         |
| section 6        | Rift sedimentary formation of Tethys-type after orogenic period<br>in Northern Qinling .....                                                  | 61         |
| <b>Chapter 4</b> | <b>Characteristics of tectonics-intrusive rocks .....</b>                                                                                     | <b>67</b>  |
| section 1        | A discussion on the origin of intrusive rocks .....                                                                                           | 67         |
| section 2        | Setting classification of plate tectonics of orogenic belt .....                                                                              | 67         |
| section 3        | The belt of tectonics-intrusive rocks in western Qinling region .....                                                                         | 68         |
| section 4        | Regularity of form and evolution for tectonic-intrusive rocks .....                                                                           | 101        |
| <b>Chapter 5</b> | <b>Structural features and basin evolution .....</b>                                                                                          | <b>108</b> |
| section 1        | Feature and evolution of structural on the formation of pre-Devonian ...                                                                      | 108        |
| section 2        | Structural evolution of basin after upper palaeozoic era .....                                                                                | 114        |
| section 3        | Brief summary about evolution histories of the basin .....                                                                                    | 119        |

|                  |                                                                                             |            |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Chapter 6</b> | <b>Metallogenic series .....</b>                                                            | <b>121</b> |
| section 1        | Basic concepts and studying present situation on the<br>metallogenic series.....            | 121        |
| section 2        | Geological conditions of regional metallogeny and survey of the<br>search for mineral ..... | 121        |
| section 3        | Classifications of metallogenic province and metallogenic series .....                      | 123        |
| section 4        | Mechanism and model of metallogenic series and sub-series<br>on the main deposits .....     | 123        |
| section 5        | Regular pattern of regional metallogeny and direction<br>for ore prospecting .....          | 156        |
| Conclusion       | .....                                                                                       | 158        |
| References       | .....                                                                                       | 162        |
| Appendix:        | Geological map of eastern section of west Qinling                                           |            |

# 第一章 区域地层构造的基本格架

## 第一节 地层分区的划分原则

综合分析整个或主要地质时期各大地构造单元内地层的沉积类型、空间分布及时间上的发展演化规律,归纳各(分)区地层总体特征,提供大区乃至全球地层系统间的对比研究,并服务于区调和区域找矿是地层分区研究的主要目的。西秦岭地区的地层分区,随不同研究时期和不同研究者,曾有许多划分方案,其中以不同地质阶段(多以纪为阶段)划分地层分区的最多。这类方案忽视了区域地层的总体特征,并且导致了地层分区与大地构造演化划分之间的不协调现象。事实上,沉积环境决定了地层的基本特征,而大地构造又严格控制着沉积盆地的性质和具体环境。这也正是本书强调构造盆地的理论依据。因此,笔者曾提出地层分区以客观反映区域地层的总体特征为准则;以综合考虑地层的沉积类型、厚度、接触关系、沉积环境、生物面貌及隶属区系、变质变形特征等众多因素为依据;以分区地层显示的地质发展史与区域构造单元相印证为前提<sup>①</sup>。因为综合地层分区能反映区域地层发育的总体特征,不同于一个时期或阶段的沉积区域。综合分区既研究一区不同阶段的发展变化,而且更重视一区发展全过程的共同特征。

沉积类型、生物面貌、层序与厚度特征、构造关系和变质作用是王鸿祯很早提出的综合地层分区必须把握的四个主要方面。通过对西秦岭地区的地层分区实践,我们深感王鸿祯提出的这四个主要方面仍是现在、将来地层分区研究的理论依据。近20年来,地质学理论的不断丰富和发展再一次为地层分区研究增添了许多理论支柱。结合西秦岭地区地层的基本特征,本文建议增加沉积事件、成矿事件、沉积回返过程与方式三个方面作为补充,这样综合地层分区就能更加全面反映一个(分)区地层的总体特征。四个主要方面王鸿祯已有详细论述,现就三个补充方面做一简要说明。

沉积事件,主要是指同一沉积盆地同一时期不同区段特征相似,大区内可以进行对比的主要沉积地质事件。诸如生物的繁盛(或绝灭)事件、气候事件、火山事件、浊流事件、风暴事件、冰川事件等,沉积成矿事件也可归此类,但考虑其区域成矿研究的重要性而单独列出(见后述)。利用沉积事件的研究和对比鉴别所研究的两地地层是否属同一地层(分)区具有重要的作用。如分布于南秦岭分区文县一带的震旦系南沱组冰碛事件;寒武系水井沱组中的磷块岩沉积事件;白龙江两岸志留系中的笔石页岩相生物-沉积相综合事件;普见南秦岭分区迭(部)-武(都)、文(县)-康(县)、木寨岭-西汉水三个小区中泥盆世早期的鲕状赤铁矿沉积事件和稍晚的菱铁矿沉积事件,以及晚泥盆世早期的风暴事件;整个南秦岭分区石炭-二叠系的岩石组合与扬子地区的同期地层在主要特征上的可比性等等。这些事件均可逐一地在扬子大陆稳定沉积的对应层位中对比。据此可以肯定,南秦岭分区自震旦纪至二叠纪,一直和扬子地区海水相通,属统一的沉积海盆,可以对比。进一步综合分析可知,南秦岭分区主要地质时期地层在沉积类型、岩相、生物面貌等

<sup>①</sup>李永军,试论西秦岭地层分区,甘肃地质科技情报,1992(3)

方面与扬子地区均有良好的相似性和可比性。因而本文认为南秦岭分区和扬子区属同一地层大区。

成矿事件，主要是指在同一沉积盆地的同一层位中具有相同系列的矿体、矿化体形成的沉积成矿事件。如上文提到的南秦岭分区下寒武统的沉积磷矿、泥盆系中的沉积赤铁矿（宁乡式铁矿）以及沉积菱铁矿等，这些矿床可在扬子地区的对应层位中一一对比。

沉积回返过程与方式，是指所对比的沉积海盆结束沉积时的过程和方式，以及结束后构造活动对其作用的异同性。众所周知，大地构造不仅控制沉积盆地的沉积历史，而且决定盆地的结束历史和结束后的变形历史。由于大地构造所控制和分割的地质块体（如板块、地体等）间的活动方式、方向、幅度等方面的差异性，就必然导致各地块内部地质体中的变形特征的差异性。借助这些差异性研究，也可以进行地层的分区。更由于变形特征所揭示的不是一个短暂过程中地质体间的变化史（如不整合方式等），而是长期地质作用的历史，因而更能反映综合分区的主体特征和发展全过程中的共同特征。在研究西秦岭地层区划中，依照沉积回返过程与方式所划出的南秦岭陆隆带、中秦岭陆褶带和北秦岭造山带便是一例。这里就作者提出的陆隆、陆褶与造山带三者的主要区别做一说明。陆隆是指稳定大陆区沉积体系在区域性整体上升（造陆）运动作用下，结束沉积以及其后的宽缓褶曲和浅层次断裂作用，南秦岭即属此类；陆褶是稳定大陆区沉积或介于稳定与非稳定间的过渡类型沉积体系在非均匀性上升运动和碰撞作用下发生的结束过程以及其后较强烈的褶皱作用和断裂作用，中秦岭分区属此类型；造山带的概念无须多论，但这里要强调的是造山带均以剪切、推覆等强烈的构造作用为主，因而发育各种强烈的褶曲和错综复杂的断裂系，这些变形特征是与陆隆、陆褶显然有别的，北秦岭造山带即是一例。

## 第二节 地层分区及构造格架划分方案

西秦岭地区的古海盆性质、分布形式、地层展布格局，以及反映地层总体特征的四个主要方面和三个补充方面均显示出明显的三分性。依据本章第一节中提出的划分原则，现将西秦岭地区的地层划分方案和各分区地层的总体特征，以及构造单元的印证性列表于后（表 1-1）。大地构造控制地层分区，反之，地层分区又是区域地层构造格架的反映。西秦岭地区可分出 3 个地层分区 6 个小区（图 1-1），地层分区的三分性，表明了区域构造特征的三分格架。

造山带的物质建造主要由基底和盖层两部分构成。纵观西秦岭地区的物质建造，基底主要有两种类型：一类是太古界—早元古界的结晶基底，另一类是中—晚元古界的褶皱基底，本书中统称基底。就变质、变形以及与上覆地层的接触关系等特征而言，北秦岭的震旦系—志留系以及中秦岭分区的奥陶系—志留系均已发生了一定程度的变质、变形作用，属基底之上的褶皱层，这些褶皱层是造山带特有的特殊盖层，其上又被晚古生代以来的稳定沉积建造不整合覆盖。

为便于重点讨论晚古生代以来盆地的演化，本书将西秦岭地区的物质建造分为前泥盆系建造与晚古生代以来建造两大部分。这样，南、中秦岭分区的前泥盆系属于扬子地块北缘建造，北秦岭的前泥盆系属华北地块南缘建造。以后章节中，将再对上述各基底和晚古生代以来各小区的建造介绍后，进一步探讨盆地的演化以及相关的成矿系列。

表 1-1 西秦岭地区各地层分区总体特征简表

Tab. 1-1 Overall characters of the every subregions in western Qinling region

| 特征        | 分区 | 南秦岭地层分区                                            | 中秦岭地层分区                             | 祁连-北秦岭地层分区                                         |
|-----------|----|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 沉积类型      |    | 基底盖层明确, 盖层为震旦-下三叠统海相地台型稳定类型                        | 泥盆纪-石炭纪过渡类型                         | 两类基底均有出露, 褶皱层为中元古-志留系多次“开”与“合”的海相活动类型, 其上为泥盆纪磨拉石建造 |
| 生物面貌      |    | 华南生物区系各门类化石丰富                                      | 海相化石罕见, 并多为碎片状, 与陆相植物混生, 生物区系不清楚    | 化石罕见, 属华北型                                         |
| 层序与厚度     |    | 多次正常海进-海退的碎屑岩-泥质岩-碳酸盐岩序列, 沉积厚度小, 延伸稳定, 大区易比        | 残留海盆的类复理石-复理石建造, 厚度较大               | 较难恢复层序, 厚度巨大, 火山岩与碎屑岩相间沉积                          |
| 构造关系与变质作用 |    | 基底与盖层被大断裂控制, 盖层主要地层间为整合关系, 寒武-三叠系变质较浅              | 基底呈残留穹隆, 与盖层间被大断裂分隔, 泥盆-石炭系变质达低绿片岩相 | 各大套地层间或为不整合或为韧性剪切带控制, 变质作用十分强烈                     |
| 沉积事件      |    | 与扬子地台区具有一致的冰川、风暴、生物、沉积相、化学地层等沉积事件                  | 同期地层中无南秦岭区所见的沉积事件                   | 裂陷火山沉积-变质事件与前两区无法比较                                |
| 成矿事件      |    | 与扬子地台区有可比的沉积磷矿( $\epsilon_1$ )及鲕状赤铁矿、沉积菱铁矿(D)等成矿事件 | 无                                   | 区域变质-构造变质热液型金银矿、铅锌矿                                |
| 沉积回返过程与方式 |    | 区域性整体上升结束沉积, 褶曲宽缓, 断裂系简单                           | 非均匀性上升与褶皱挤压上升, 褶曲较复杂, 断裂系发育         | 强烈挤压、剪切、推覆作用, 变形十分强烈                               |
| 与构造单元的印证性 |    | 印支早期(三叠纪安尼期)陆隆带                                    | 华力西中期(晚石炭世)陆槽带                      | 加里东末期(志留纪末-泥盆纪)造山带                                 |

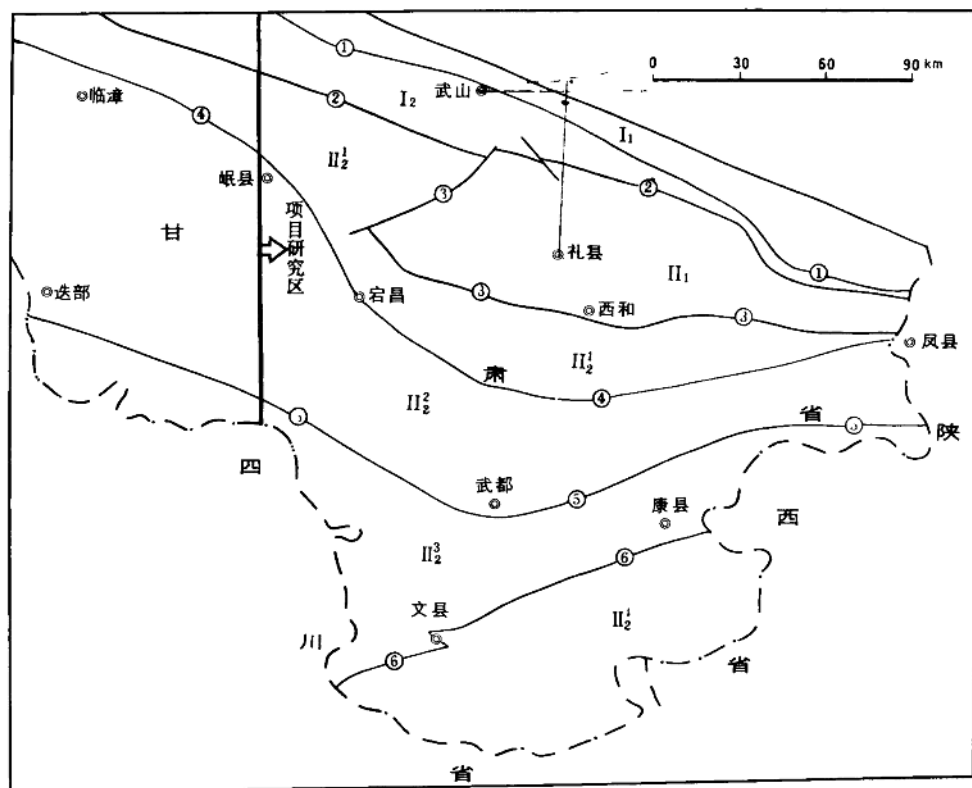


图 1-1 西秦岭综合地层区划图

Fig.1-1 Diagram of the stratigraphic division in western Qinling

I<sub>1</sub>-华北地层大区秦祁昆地层区祁连-北秦岭地层分区(北秦岭加里东造山带); I<sub>1</sub>-李子园小区; I<sub>2</sub>-大草滩小区, II-华南地层大区秦岭-大别地层区, II<sub>1</sub>-中秦岭地层分区(中秦岭华力西陆褶带), II<sub>2</sub>-秦岭地层分区(南秦岭印支陆隆带), II<sub>2</sub><sup>1</sup>-木寨岭-西汉水地层小区, II<sub>2</sub><sup>2</sup>-迭(部)-武(都)地层小区; II<sub>2</sub><sup>3</sup>-文(县)-康(县)地层小区, II<sub>2</sub><sup>4</sup>-碧口地层小区; ①-武山-娘娘坝韧性剪切带, ②-大湾里-固城-兴隆镇断裂带; ③-闫井, 限子坝-黄渚关断裂带, ④-临潭北-宕昌-江洛断裂带; ⑤-秦峪-成县南断裂带; ⑥-泥山-月亮坝-豆坝断裂带。

## 第二章 前泥盆纪建造

西秦岭地区的前泥盆纪地层系统见表 2-1。表中清楚反映其沉积建造为太古-早元古代、中-晚元古代、早古生代三个阶段的产物。现分阶段讨论两地块建造特征及其关系。

### 第一节 太古-早元古代(统一原始陆核阶段)结晶基底建造

北秦岭的主要地层为秦岭群以及相邻区的太华群等, 两端延伸的相应地层有马衔山群、登封群、嵩山群等, 南秦岭以鱼洞子群为代表, 相邻地区还有崆岭群、陡岭群等。

#### 1. 太华群

太华群主要变质岩组合为混合片麻岩、黑云斜长片麻岩、角闪岩、斜长角闪片麻岩、斜长角闪片岩、变粒岩、浅粒岩、云岩片岩、黑云片岩等, 夹磁铁石英岩、混合岩、石墨片岩、石墨大理岩。形成时代为 2600~3000Ma。

据孙枢、张国伟等(1985)研究, 角闪岩类原岩主要为基性火山岩类(图 2-1); 浅粒岩原岩由中酸性火山碎屑岩、凝灰岩及正常沉积碎屑岩两类构成(图 2-2); 云英片岩及黑云片岩类属副变质岩类(图 2-3)。利用正变质岩进行图解, 大多数属拉斑玄武岩系列, 并显示岛弧与大洋玄武岩之特征。综合分析其形成环境为不成熟的大陆及陆内裂谷产物。

图 2-1 太华群角闪岩类

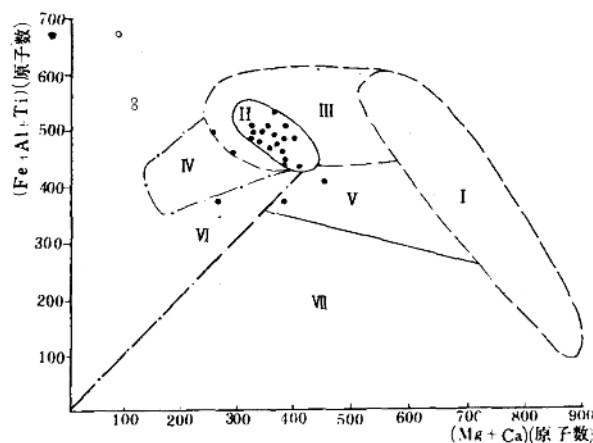
(Fe+Al+Ti)-(Mg+Ca)图解。

Fig.2-1 (Fe+Al+Ti)-(Mg+Ca)

plot of amphibolite for Taihua

group (after B.Moine, 1968)

I-超基性岩; II-基性岩(最高密集区); III-可能的变种区; IV-中性火成岩以及砂泥质杂砂岩、泥质凝灰岩; V-基性单矿物碎屑和复矿物碎屑砂岩(基性成分杂砂岩)、砂质凝灰岩; VI-粘土、薄层泥岩、粉砂岩、长石砂岩和泥灰质砂岩区(VI); VII-粘土质、钙质泥灰岩、白云质灰岩区



该群产阿尔戈马型铁矿, 含铁岩系为中深变质的基性-中酸性火山-沉积建造, 矿石类型主要为角闪石英磁铁矿, 次为磁铁石英岩, 成因属与火山作用有关的沉积变质铁矿。

表 2-1 西秦岭及邻区前泥盆系对比简表

Tab.2-1 Comparison of the pre-Devonian strata  
in western Qinling and the adjacent areas

| 地区<br>地层         |                | 华 北 地 区          |                  |             |                  |                  | 华 南 地 区          |       |                   |      |  |
|------------------|----------------|------------------|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------------|------|--|
|                  |                | 西 秦 岭            |                  | 东 秦 岭       |                  |                  | 西 秦 岭            |       | 大巴山—扬子            |      |  |
| 下<br>古<br>生<br>界 | S <sub>3</sub> | 李<br>子<br>园<br>群 |                  |             |                  |                  | 白龙江群             | 吴家山岩群 | 关底—妙高组            |      |  |
|                  | S <sub>2</sub> |                  |                  |             |                  |                  | 舟 曲 群            |       | 秀 山 组             |      |  |
|                  | S <sub>1</sub> |                  |                  |             |                  |                  | 迭 部 群            |       | 龙马溪—白沙组           |      |  |
|                  | O <sub>3</sub> |                  | 陈家河群             |             |                  |                  | 大堡群              | 孟家沟岩群 | 五 峰 组             |      |  |
|                  | O <sub>2</sub> |                  | 葫<br>芦<br>河<br>群 | 丹<br>风<br>群 | 斜<br>峪<br>关<br>群 | 二<br>郎<br>坪<br>群 |                  |       | 临湘组<br>南津关组       |      |  |
|                  | O <sub>1</sub> |                  |                  |             |                  |                  |                  |       | 三游洞组<br> <br>水井沱组 |      |  |
|                  | Є <sub>3</sub> |                  |                  |             |                  |                  |                  |       |                   |      |  |
|                  | Є <sub>2</sub> |                  |                  |             |                  |                  |                  |       |                   |      |  |
| Є <sub>1</sub>   |                |                  |                  |             |                  |                  |                  |       |                   |      |  |
| 上<br>元<br>古<br>界 | 震旦系            |                  |                  | 罗圈组         |                  |                  | 碧<br>口<br>岩<br>群 | 水井沱组  |                   | 水井沱组 |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  | 灯影组   |                   | 灯影组  |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  | 陡山沱组  |                   | 陡山沱组 |  |
|                  | 青白口系           |                  |                  |             |                  |                  |                  | 南沱组   | 南沱组               |      |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  |       |                   | 莲沱组  |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  | 岸门口岩组 | 西 乡 群             |      |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  | 琵琶寺岩组 |                   |      |  |
| 中元古界             | 藕县系            | 陇山群              |                  | 宽坪群         |                  |                  |                  | 秧田坝岩组 |                   | 三花石群 |  |
|                  |                |                  |                  |             |                  |                  |                  | 阳坝岩组  |                   |      |  |
| 长城系              |                |                  |                  |             |                  |                  |                  |       |                   |      |  |
| 下元古界<br> <br>太古界 |                | 秦岭群              | 秦岭群              |             |                  | 鱼洞子群             |                  | 崆岭群   |                   |      |  |
|                  |                |                  | 太华群              |             |                  |                  |                  |       |                   |      |  |

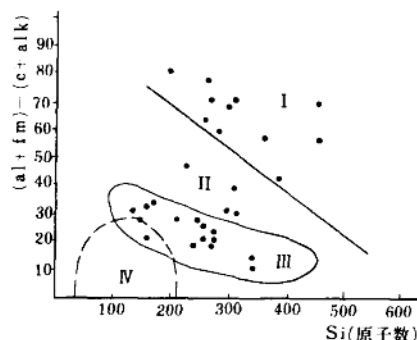


图 2-2 太华群变粒岩(Al+fm)-(C+alk)-Si 图解

Fig. 2-2 (Al+fm) - (C+alk) - Si plot of  
granulite for Taihua group (after simonen)

I - 砂岩区; II - 厚层沉积泥岩区;  
III - 火山岩区; IV - 钙质沉积岩区

## 2. 秦岭群

秦岭群西起武山响水寺, 向东经天水南河川、牛头河, 再折向西南经甘泉、花庙河至两当张家庄, 与陕西凤县及其以东的秦岭群相连。该群南与李子园群以规模壮观的关子镇-元家坪韧性断裂带为界, 北与葫芦河群以新阳-黄家坪韧性断裂带为界。

秦岭群有 4 套变质岩组合, 即长英质片麻岩岩组, 主要由黑云石榴子石斜长片麻岩, 黑云角闪斜长片麻岩及黑云斜长片麻岩组成; 富铝片麻岩岩组, 由砂线石石榴子石黑云片麻岩、黑云石榴子石斜长片麻岩组成; 钙硅酸变粒岩岩组, 以黑云透辉斜长片麻岩夹透辉大理岩为主; 白云石大理岩夹石墨白云石大理岩岩组。研究区已有 1513.9Ma 及 1013.3Ma 两组锆石 U-Pb 年龄, 大区内还有  $1205.36 \pm 106\text{Ma}$  及  $1106 \pm 5\text{Ma}$  (Rb-Sr 全岩)、1970Ma (锆石 U-Pb)、2000Ma 及 2080Ma (Sm-Nd) 等年龄。

据张维吉等 (1994) 研究, 富铝质岩石、长英质岩石原岩多为粘土岩类、粉砂岩及过渡岩石, 少数为酸性火山岩变质形成的长英质片麻岩; 钙质岩石原岩为海相碳酸盐岩, 斜长角闪岩原岩以基性火山岩为主, 少量为白云质杂砂岩。总之秦岭群属于陆源碎屑岩-碳酸盐岩夹少量海相基性-酸性火山岩建造。

图 2-4 为副变质岩稀土配分型式 (作者依据有关数据重做, 下同), 其特征属高稀土含量轻稀土富集型, 具显著铕负异常 ( $\delta\text{Eu} = 0.58$ ), 原岩与我国华北太古代以后的沉积岩一致, 说明秦岭群沉积物源来源于太华群等古老基底剥蚀区。

正变质岩 (斜长角闪岩类) 的稀土配分型式为高轻稀土和低轻稀土两类 (图 2-5)。前者与裂谷拉斑玄武岩最为接近, 并向裂谷碱性玄武岩过渡; 后者介于裂谷拉斑玄武岩与裂谷碱性玄武岩之间。两种配分型式与大洋玄武岩有显著区别。因此推断其形成环境为大陆裂谷。

变质矿物组合显示主期变质作用达低角闪-高角闪岩相, 并具高温低压特色, 这和利用地质温度计、压力计求得的结果 ( $T = 667 \sim 713^\circ\text{C}$ ,  $P = 0.13 \sim 0.44\text{GPa}$ ) 一致。

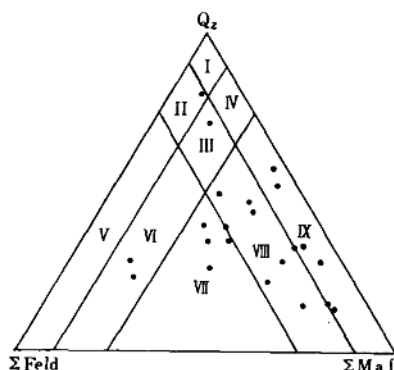


图 2-3 太华群副变质岩  $\text{Qz}-\Sigma\text{Feld}-\Sigma\text{Maf}$  图解

Fig. 2-3  $\text{Qz}-\Sigma\text{Feld}-\Sigma\text{Maf}$  plot of  
parametamorphite for Taihua group

I - 石英岩; II - 长石质砂岩; III - 杂质砂岩;  
IV - 泥质砂岩; V - 长石砂岩; VI - 泥质长石砂岩;  
VII - 杂砂岩; VIII - 砂质页岩; IX - 页岩或泥岩

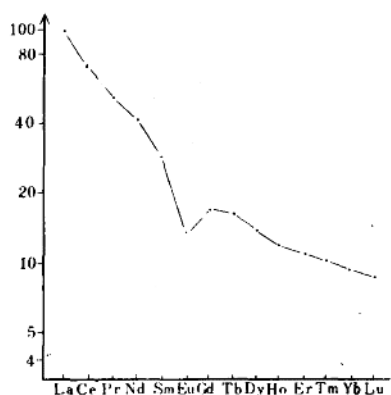


图 2-4 秦岭群副变质岩稀土配分模式  
Fig.2-4 REE distribution pattern of  
parametamorphite for Qinling group

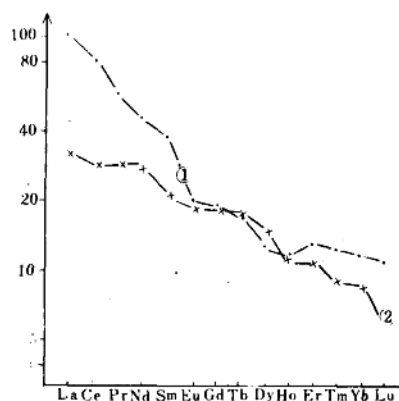


图 2-5 秦岭群正变质岩稀土配分模式  
Fig.2-5 REE distribution pattern of  
orthometamorphite for Qinling group  
①—高轻稀土型; ②—高重稀土型

### 3. 鱼洞子群

鱼洞子群系秦克令等 (1988) 新建, 时代为晚太古代。可分出四个岩组: 斜长角闪岩、角闪混合岩岩组; 浅粒岩夹斜长角闪岩岩组; 斜长角闪岩夹浅粒岩岩组; 浅粒岩夹绢云石英片岩、绿泥片岩与磁铁石英岩岩组。斜长角闪岩锆石 U-Pb 年龄为  $2657 \pm 9\text{Ma}$ , 因此时代不新于晚太古代。

鱼洞子群原岩为海相火山-沉积岩系, 火山岩以酸性岩为主, 中基性岩次之, 并显示两个基性-酸性火山岩大韵律。下部韵律以熔岩为主, 上部韵律中沉积作用明显加强。顶部层位有磁铁石英岩型铁矿。变质程度达高绿片岩相-低角闪岩相。

据秦克令等 (1992) 研究, 火山岩属富铁钙碱性系列, 成岩环境为活动大陆边缘。稀土元素配分型式 (图 2-6) 具明显的富轻贫重稀土特征, 铕负异常不显著; 火山岩具有同源性和裂谷拉斑玄武岩特色。据此推断属大陆裂谷环境产物。

鱼洞子群产阿尔戈马型铁矿, 矿石类型主要为角闪石英磁铁矿, 次为磁铁石英岩, 成因属与火山作用有关的火山喷气沉积变质铁矿。

综上所述, 鱼洞子群岩石组合、形成环境等与太华群、秦岭群有相似之处, 两地特有的含铁石英岩建造及阿尔戈马型铁矿成矿事件也可以对比。因此推论, 太古代时华北与扬子可能属统一的古陆, 即秦岭统一原始陆核。火山岩属统一古陆上的大陆裂谷产物。

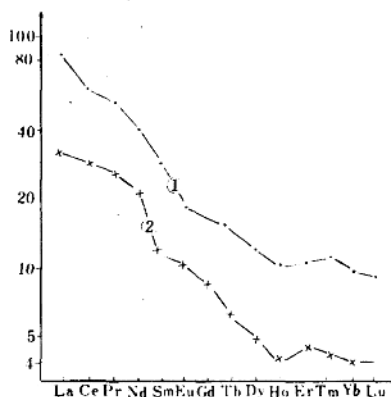


图 2-6 鱼洞子群火山岩稀土配分模式  
Fig.2-6 REE distribution pattern of  
volcanic rocks for Yudongzigroup  
①—高轻稀土型; ②—高重稀土型

## 第二节 中晚元古代(秦岭开洋-闭洋阶段)褶皱基底建造

### 一、中元古代(开洋阶段)微洋盆建造

#### (一) 地层分布及岩石组合

北秦岭以陇山群及其东延的宽坪群等为代表;南秦岭西部以碧口超岩群中下部层位为代表,大巴山及其以东地区为西乡群、三花石群、武当群等。

#### 1. 陇山群

陇山群系张维吉、孟宪恂(1994)重新厘定和建立,是指陇县以西陇山山脉和陕甘境内,带状分布于西起通渭碧玉镇,经秦安莲花、张家川恭门、清水山门到宝鸡坪头,再向西南拐到胡店、天水利桥,向东到凤县黄牛铺与陕西境内宽坪群相连的中深变质岩系。陇山群南界与葫芦河群以保平-山门韧性剪切带相隔,北与华北地块太华群等亦为区域大断裂接触。主要岩石组合为黑云角闪斜长片麻岩组合、长英质片麻岩组合、钙硅酸盐组合、富铝片麻岩组合、硅镁质大理岩组合。

陇山群分布上与东秦岭的宽坪群相连,岩石组合上二者基本相似,具有一定的可比性,形成时代基本一致。目前,对火山岩的构造环境之认识一直存在争议。通过近年来的秦巴科研攻关,赞成陇山群(宽坪群)洋盆沉积的认识趋于更多。受研究范围限制等,本项目未做更多工作,现归纳近年成果如下。

陇山群(宽坪群)火山岩在 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ 关系图上落入拉斑玄武岩系列(图2-7),在 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ 图解上,投影更接近于大洋拉斑玄武岩平均值,图2-8),微量元素和常量元素的其它方法图解多落入与大洋或岛弧区(图2-9和图2-10),结合火山岩与深海复理石相伴生这一事实推论,火山岩可能属弧后盆地建造组合。

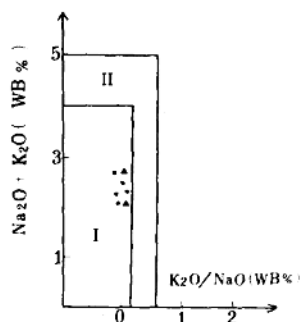


图2-7 陇山群、宽坪群火山岩 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ 关系图

Fig.2-7 Diagram of the relation between  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  and  $(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$  for the volcanic in Longshan,Kuanping group

I-拉斑玄武岩; II-碱性玄武岩; (●、▲同图2-8)

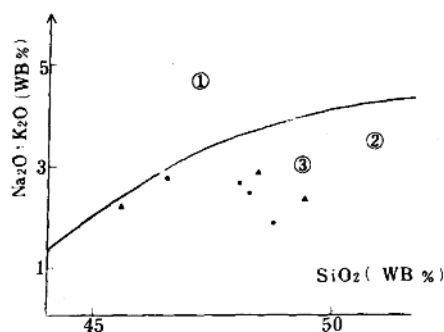


图2-8 陇山群、宽坪群火山岩全碱-SiO<sub>2</sub>关系图

Fig.2-8 Relationship of alkali-silica for the volcanic in Longshan,kuanping group

①-碱性玄武岩平均值; ②-大陆拉斑玄武岩平均值;

③-大洋拉斑玄武岩平均值

●-宽坪群(据杨巍然,1991); ▲-陇山群

陇山群中的副变质岩其物质来源于北侧的太华群和南侧的秦岭群；正变质岩以中性火山岩为主夹酸性酸性火山岩。陇山群时代大致为 1700~1900Ma。

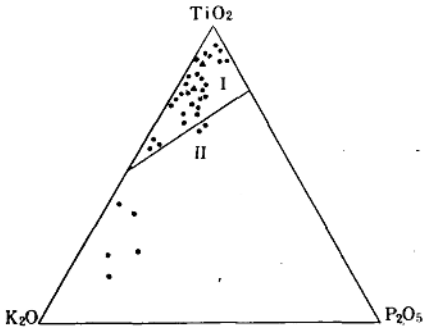


图 2-9 玄武岩分类 (Pearce, 1975)

Fig.2-9 Classification of basalts

I-海洋玄武岩；II-非海洋玄武岩；

●宽坪群(引自杨巍然、万渝生 1991)；

▲-陇山群

2. 碧口岩群中下部位

碧口岩群是一套跨时代很长，厚度巨大的复杂地层组合，其特征见表 2-2。

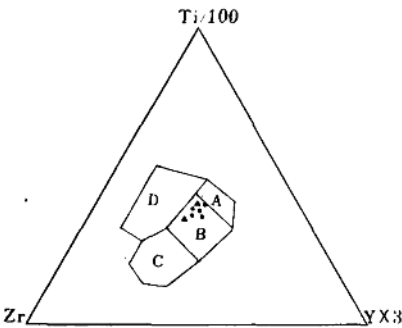


图 2-10 玄武岩 Ti / 100-Zr-Y × 3 图解

(Pearce and Cann, 1973)

Fig.2-10 Ti / 100-Zr-Y × 3 diagram of basalts

A+B-岛弧低钾拉斑玄武岩；B+C-岛弧钙碱玄武岩；

B-洋中脊玄武岩；D-板内玄武岩；(●、▲同图 2-9)

表 2-2 碧口小区前震旦系变质地层特征表

Tab.2-2 Features of the metamorphic Stratas of the pre-Sinian in Bikou region

| 岩组    | 岩石组合                                                                          | 岩相及建造                    | 变质作用                                                           |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 岸门口岩组 | 石英长石砂岩、中酸性火山凝灰质砂岩、英安流纹岩                                                       | 深海盆地相火山岩夹细碎屑岩建造          | 低压变质相系的低绿片岩相（绿泥石带），原始沉积构造清晰，发育弯滑-弯流褶曲作用                        |
| 琵琶寺岩组 | 变玄武岩、变安山玄武岩、变钠长绢云片岩、硅质岩                                                       | 深海盆地相火山岩夹硅质岩建造           |                                                                |
| 秧田坝岩组 | 变砂岩、杂砂岩、粉砂质板岩、千枚岩夹变砾岩、变玄武岩、绿泥片岩                                               | 海沟及深海浊积岩相碎屑岩及岛弧区中基性火山岩建造 | 中低压绿片岩相，区域低温动力变质作用为主，发育紧闭、倒转褶曲及走滑-韧性剪切                         |
| 阳坝岩组  | 上部变酸性凝灰岩、变安山玄武岩夹千枚岩、绿泥片岩；中部千枚岩、变粉砂岩、硬绿泥石变砂岩夹绿片岩、石英片岩及白云质大理岩；下部为变玄武岩、安山岩及酸性火山岩 | 深海盆地相、弧前盆地火山岩-沉积岩建造      | 高压变质相系的高绿片岩相-蓝闪绿片岩相，原始沉积构造多被置换，变形作用强烈，构造岩片叠置式现象常见，属中-深层次变质变形作用 |

(二) 洋盆存在的主要证据——蛇绿岩套

碧口小区的蓟县系-青白口系火山岩-沉积岩建造序列，显示了一个较完整的沟-弧-盆构造沉积体系，归属俯冲带洋盆火山岩组合——蛇绿岩套，因而当为秦岭洋盆存在的主要佐证。陶洪祥、王全庆、裴先治等对其做了详细研究，并有专著（1993）论述。