



中国地质调查成果
CGS 2018-031

秦岭成矿带成矿地质背景 及优势矿产成矿规律

赵东宏 杨忠堂 李宗会 等著
王虎 罗根根 彭璇



科学出版社

(P-6229.01)

秦岭成矿带成矿地质背景 及优势矿产成矿规律

免责和版权声明：

本出版物中的所有数据、信息和影像受版权保护。如引用需注明出处为中国地质调查出版物，且不得进行有悖原意的引用、删节和修改。

本出版物所包含的信息仅仅为了阐明问题，中国地质调查局及其他关联机构和个人不承担由于材料的任何错误或不精确等所带来的责任。

科学出版社地质分社

E-mail: earthscience@mail.sciencep.com

销售分类建议：地质 / 矿产

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-060364-7



9 787030 603647 >

定 价：358.00 元



中国地质调查“1212011085111, 1212011085097, 12120113047800,
12120113047600”项目资助

秦岭成矿带成矿地质背景 及优势矿产成矿规律

赵东宏 杨忠堂 李宗会 王 虎 罗根根 彭 璇等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以大地构造及成矿演化为主线,运用多元成矿控制观点,针对影响秦岭成矿带中、新生代大规模成矿作用的矿源、热源及赋矿空间等主控要素,重点对震旦纪、志留纪、泥盆纪等时代的含矿地层进行区域对比及含矿性研究;系统探讨印支-燕山期花岗岩类的时空分布、构造属性及其成矿作用;在已有构造格架及其演化研究基础上,提出并剖析北东向构造的成生发展及其对岩浆活动和成矿的控制。通过解剖典型矿床,总结金、铅锌、钼(钨)、铜、汞锑等优势矿产的成矿规律;在重要成矿远景区带划分基础上,提出重点整装勘查区地质找矿工作部署建议。本书内容丰富,重点突出,资料翔实,反映了当前秦岭成矿带最新的地质、矿产调查和科研成果。

本书可供从事区域地质、构造及矿产资源调查研究的科研人员和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

秦岭成矿带成矿地质背景及优势矿产成矿规律 / 赵东宏等著. — 北京: 科学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-03-060364-7

I. ①秦… II. ①赵… III. ①秦岭-成矿带-成矿地质-地质环境 ②秦岭-成矿带-成矿规律 IV. ①P617.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第002884号

责任编辑: 王 运 韩 鹏 姜德君 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市春园印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019年1月第一次印刷 印张: 25 1/2

字数: 605 000

定价: 358.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

夹持于扬子板块与华北板块之间的秦岭成矿带,位于中央造山带的核心地段,自太古宙以来,先后经历了南华纪以前的大陆地壳早期演化、新元古代以来到中泥盆世的超大陆裂解及洋陆演化、中泥盆世到中三叠世的海陆演化(或称碰撞期后板内伸展)以及中-新生代的陆内叠覆造山等阶段,发育了自前寒武纪至新生代不同时代的沉积建造和岩浆活动。秦岭造山带的复杂性使其成为争论最多的地区,更由于其“非经典性”而成为中外地质学者所关注的构造单元之一。

秦岭成矿带西起甘青交界,向东绵延,穿甘、陕,抵豫、渝,北自甘肃临夏-天水、陕西宝鸡-西安-潼关一线起,向南止于甘肃玛曲-文县-康县、陕西宁强-镇巴-镇坪一线,范围包括秦岭东段的陕西南部地区和秦岭西段的甘肃南部地区,地理坐标:东经 $101^{\circ}20'00'' \sim 111^{\circ}00'00''$,北纬 $31^{\circ}40'00'' \sim 35^{\circ}45'00''$ 。全区东西长约 600km,南北宽 200 ~ 300km,总面积约 16 万 km^2 。该区崇山峻岭逶迤,盆地平原棋布,渭水洮河注黄,白龙嘉汉奔长,不仅是我国南北天然的地质、地理、生态、气候、环境,乃至人文的自然分界线,而且具有长期、复杂的地质演化和成矿作用形成的极其丰富的矿产资源,对中华民族历史发展起到至关重要的作用。中华人民共和国成立以来,区内已发现各类型矿产近千处,其中大中型矿产地百余处,成为我国重要的有色金属、贵金属矿产资源基地,为国民经济发展做出了卓越贡献,目前金、钼(钨)、铅锌、铜、汞锑、铁等已成为区内的优势矿产资源。

近年来,为了满足中国经济和社会的可持续发展及国家安全保障工程建设对矿产资源的需求,中国地质调查局在先期地质大调查(1999 ~ 2009 年)工作的基础上,为全面提高秦岭成矿带整体研究水平,进一步深入研究该成矿带成矿地质条件、成矿规律,更好地指导区域地质找矿勘查工作,设立了“秦岭成矿带地质矿产调查”计划项目(2010 ~ 2015 年),并先后设立了 39 个工作项目。项目实施以来,在各承担单位和项目技术人员的辛勤努力下,圆满完成了各自的目标任务,取得了丰硕的地质找矿成果,发现了大量新的找矿线索,圈定出一批新的成矿远景区和重点勘查区,在成矿作用和成矿规律研究方面取得了一些新的认识和突破,为今后秦岭成矿带的找矿工作开辟了新的思路,注入了新的活力。

成矿作用是地球动力作用的一种表现形式,是促使成矿元素高度富集的复杂演化过程,矿床的形成无不受受到含矿地层(矿源)、岩浆作用(热源)、构造环境(储矿空间)、成矿作用过程(成矿物理化学条件)以及成矿后的改造作用等诸多因素制约。大量的地质及找矿成果显示,对于秦岭成矿带金、钼(钨)、铅锌、铜、汞锑、铁等优势矿产的成矿作用而言,其同样也受到以上因素的制约。本书则是在集成、综合研究秦岭成矿带以往和最新成果基础上,对该区的区域成矿地质背景和成矿条件进行梳理、集成,重点对震旦纪、

志留纪、泥盆纪等主要时代的含矿地层进行区域对比研究,对与大规模成矿作用关系密切的印支-燕山期花岗岩类的成岩、成矿作用特征进行详细研究,在该区现有构造格架及其演化研究基础上,提出并剖析北东向构造的成生发展及其在成岩成矿方面的作用。通过对重要成矿远景区典型矿床的解剖,归纳各类矿床的成矿特征和控矿因素,总结金、铅锌、钼(钨)、铜、汞锑等优势矿种的时空分布特征和成矿规律,并依据所获认识,在对重要成矿远景区带划分的基础上,提出重点勘查区工作部署建议。可以说本书是迄今为止秦岭成矿带区域地质矿产调查成果集成、综合研究的系统总结。

本书是中国地质调查局对“秦岭成矿带地质矿产调查”计划项目的支撑综合研究项目(①秦岭成矿带地质调查综合研究 2010~2012,项目编码:1212011085111;②秦岭成矿带基础地质综合研究 2010~2012,项目编码:1212011085097;③秦岭成矿带矿产资源潜力调查 2013~2014,项目编码:12120113047800;④秦岭关键地区区域地质调查 2013~2015,项目编号:12120113047600)所取得的报告成果以及西北大学、长安大学有关专题报告的综合、提炼,是项目参与单位和技术人员辛勤工作和研究的结晶。参与本书编写的人员有:赵东宏研究员、杨忠堂研究员、李宗会高级工程师、王虎助理研究员、罗根根助理研究员、彭璇助理研究员,李行研究员参加部分编纂工作。分工执笔安排如下:前言由赵东宏完成,第一章由杨忠堂、王虎、赵东宏、李行完成;第二章由李宗会、杨忠堂、罗根根完成;第三章由杨忠堂、彭璇、王虎完成;第四章由王虎、杨忠堂、李宗会、罗根根完成;第五章由李宗会、罗根根、杨忠堂、赵东宏完成;第六章由李宗会、罗根根、王虎完成;第七章由罗根根、王虎、彭璇、李宗会、杨忠堂完成;第八章由李宗会、赵东宏、罗根根完成;第九章由赵东宏、李宗会、杨忠堂完成;书中插图由彭璇、罗根根、王虎、杨忠堂、李宗会等编绘制作;英文摘要由王虎编写。全书由赵东宏、杨忠堂统审定稿。

在本书编撰过程中,得到中国地质调查局基础部和资源评价部以及中国地质调查局西安地质调查中心李文渊研究员、计文化研究员等的关心和大力支持;长安大学,西北大学,中国地质大学,陕西省国土资源厅,甘肃省国土资源厅,陕西省地质调查院,陕西省地质矿产勘查开发局第一地质队、第三地质队、第六地质队、汉中地质大队,西安地质矿产勘查研究院,陕西区域地质研究院,陕西省地质矿产勘查开发局物化探队,西北有色地质矿产勘查局,西北有色地质勘查院,宝鸡西北有色七一一总队有限公司,西北有色地质勘查局七一三总队,西北有色地质勘查局七一七总队,西北有色地质勘查局物化探总队有限公司,甘肃省地质矿产勘查开发局,甘肃省地质调查院,甘肃省地质矿产勘查开发局第一地质矿产勘查院、第三地质矿产勘查院,甘肃省有色地质矿产勘查局,甘肃省有色地质调查院,甘肃有色地质勘查局 106 总队,陕西省核工业地质局及核工业二〇三研究所,陕西省核工业地质局二一一大队、二一四大队,中化地质矿山总局,中化地质矿山总局陕西地质勘查院,中国人民武装警察部队黄金指挥部,中国人民武装警察部队黄金地质研究所及中国人民武装警察部队黄金第五支队等单位的领导和同行都给予项目极大的支持和帮助。在此谨向以上所有单位和项目参与人员致以诚挚的感谢。本专著曾参阅工作区内上述单位一些未公开发表的区域地质调查、物化探、地质调查设计等成果和资料,书中未能完全注出,特此说明并致谢。

目 录

前言

第一章 区域成矿地质背景	1
第一节 区域地层及含矿性	1
第二节 岩浆作用及成矿	5
第三节 火山作用特征及成矿	12
第四节 区域变质作用	15
第五节 区域构造特征	19
第二章 区域物、化、遥特征及其成矿意义	38
第一节 区域地球物理、遥感影像特征	38
第二节 区域地球化学特征	45
第三章 中生代中酸性岩浆作用及其成矿	53
第一节 印支期花岗岩质岩浆作用时空分布特征	53
第二节 燕山期花岗岩质岩浆作用时空分布特征	91
第三节 印支-燕山期花岗岩与成矿关系	120
第四章 重要含矿层空间分布及区域对比	148
第一节 前震旦纪主要含矿地层	148
第二节 震旦纪含矿层	149
第三节 寒武纪以来重要含矿地层	162
第五章 区域矿产分布及成矿规律	200
第一节 区域矿产分布特征	200
第二节 主要优势矿种成矿类型及成矿规律	202
第三节 地质构造演化对成矿作用的控制	281
第六章 秦岭成矿带成矿系列及成矿区带划分	286
第一节 成矿区带划分	286
第二节 成矿系列和成矿谱系	290
第三节 成矿远景区和重点勘查区	299
第四节 成矿区带成矿背景各论	315
第五节 秦岭成矿带主要矿种资源潜力分析	326
第七章 关键地区区域成岩成矿作用解剖	328
第一节 选区及依据	328
第二节 区域成矿地质背景	330

第三节	调查区地质特征	331
第四节	矿产特征及成矿潜力	351
第八章	区域找矿方向及部署建议	357
第一节	找矿方向	357
第二节	找矿工作部署建议	360
第九章	结语	373
第一节	主要成果和认识	373
第二节	下一步工作思考	380
参考文献		382
Abstract		399

第一章 区域成矿地质背景

第一节 区域地层及含矿性

根据地层区沉积建造总特征、层序特征、区域性不整合、岩浆活动和变质作用、古地理条件,结合大地构造单元划分,将区内划分为三个地层区。

一、华北地层区

华北地层区主要分布在陕西的小秦岭地区和甘肃西部地区,其最突出特点是具有典型华北型早前寒武纪结晶基底和中元古界以来的盖层结构。基底由新太古界太华群杂岩和古元古界铁铜沟群组成,两者为构造不整合关系。太华群(Ar)总体为高级片麻岩和奥长花岗岩-英云闪长岩-花岗闪长岩(TTG)组合,研究表明,太华群内的变质中基性火山岩系为小秦岭地区金矿的矿源层。铁铜沟组由石英岩、石英片岩组成,保存有波痕、斜层理等原生沉积构造,形成于滨浅海环境;长城纪-青白口纪地层在小秦岭由火山岩(熊耳群Ch)→碎屑岩(高山河群Ch)→碳酸盐岩(官道口群Jx)→碳硅质泥质岩(白术沟组Qb)序列组成,总厚达7000m,火山岩以中性为主,酸性和基性次之,形成于陆缘拗陷盆地滨-浅海环境,早期为伸展裂谷。南华纪-震旦纪地层在小秦岭称罗圈组和东坡组,早古生代地层寒武纪-中奥陶世主要由碳酸盐岩夹泥质岩组成,底部为含磷碎屑岩,包含自辛集组至马家沟组等6个地层单位,形成于陆棚滨-浅海-近海盆地,缺失志留纪-白垩纪的地层。

二、扬子地层区

扬子地层区位于玛曲-文县-勉县-略阳缝合带以南区域,陕南出露较全,甘南仅分布于文县一带(勉略阳所夹三角地带,由于在区内出露有限,也暂划归该地层区一并叙述)。

太古宇:主要为分布于勉略三角地区的新太古界鱼洞子群和分布于汉南地区的后河群等古老深变质地体,前者呈构造岩块出露于勉略构造混杂岩带东南侧,主要由斜长角闪岩、变粒岩、绿片岩、石英片岩等组成,经不同程度混合岩化,原岩以富铁钙碱性火山岩为主,共生有混合花岗岩,具花岗-绿岩带组成特征。后者时代略新,构成结晶基底。

元古宇:勉略地区缺失古元古代地层,主要为中元古界碧口群,为一套浅变质的沉积-

火山岩系,具有大陆溢流玄武岩与大陆裂谷火山岩的过渡特征。主要与铜矿关系密切;火地垭群和三花石群分别形成米仓凸起和汉南凸起,为一套中深变质的海相火山喷发岩夹正常沉积碳酸盐岩和碎屑岩,构成褶皱基底,被中元古代花岗岩(U-Pb 年龄 1152Ma)侵入,形成于活动陆缘。其主要的矿产为赤铁矿、含铜黄铁矿。青白口纪地层由海陆相火山岩组成,分布局限,岩石类型较为复杂,有基性、中性和酸性, K_2O 含量自北(西乡群)向南(铁船山组)明显增高,具极性分异特点,西乡群与三花石群为断层接触,主要由一套中基性-酸性火山喷发岩组成。火地垭群之上的铁船山组为碱性流纹质-英安质凝灰岩,含粉尘状磁铁矿;分布于后龙门地区的刘家坪组为一套变质的陆相基性-酸性火山喷发岩系。

南华-震旦系:南华-震旦纪地层可以与华南地区对比,由凝灰质杂砂岩、粉砂硅质板岩(莲沱组 Nh)→杂色砾岩-砂岩、板岩(南沱组 Nh)→泥质岩、碎屑岩、碳酸盐岩(陡山沱组 Z)→含磷、铅锌白云岩(灯影组 Z- ϵ_1) 序列组成,早期为河湖山麓或冰成沉积,晚期形成于陆棚滨浅海-浅海台地边缘和台地环境。本区陡山沱组下部以碎屑岩为主,上部以碳酸盐岩为主,灯影组主要由中至厚层状白云质灰岩、含硅质白云岩组成。与震旦系有成生联系的矿产为磷、锰、铅、锌及白云岩等,地质大调查以来沿扬子地块北缘在本套地层中相继发现优质锰矿,特别是赋存于灯影组的“马元”式铅锌矿的发现,给秦岭成矿带的找矿注入新的活力。

寒武-奥陶系:寒武纪地层在镇巴以东发育完整,以西缺失中-晚寒武世沉积。岩性以灰绿色页岩、灰岩、泥质灰岩、碳质页岩为主,下寒武统碳质泥质细碎屑岩-碳酸盐岩建造为本区重要的磷、锰含矿地层。

志留系:志留纪海盆收缩普遍缺失中-晚志留世沉积,早志留世为陆棚深水-潮坪环境。可进一步自下而上划分为龙马溪组(O_3S_1l)、新滩组(S_{1x})、罗若坪组(S_1l),以黑色、黄绿色、灰色页岩,夹粉砂岩、细砂岩为主。龙马溪组为含碳泥质岩建造,其他以泥质岩建造为主。

泥盆系:仅在高川小区出露,为灰黑色含黄铁石英砂岩、含黄铁石英岩或二者互层,夹赤铁矿层。

石炭系:仅分布在高川小区,以灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩为主。

二叠系:西部以灰岩、生物碎屑灰岩为主,下部为泥(页)岩、黏土岩,夹煤层及赤铁矿;东部为灰黑色泥岩、泥灰岩,夹石煤。

三叠系:出露大冶组,为一套泥质碳酸盐岩-膏盐沉积,是石膏矿的主要层位,含煤和赤铁矿结核。

三、秦岭地层区

秦岭地层区可进一步划分为北秦岭、南秦岭地层区。

(1) 北秦岭地层区主要分布于商丹断裂以北的陕西境内,甘肃境内在两省交界处出露少量地层。以西主要为中生代盆地覆盖。区域上习惯称北秦岭造山带。地层经历多期构造改造和大规模的位移,形成若干叠置构造岩片结构,致使各地层单位之间多数以断裂

相接触。

古元古界：主要出露秦岭群，为一套变质程度达角闪岩相的中深变质岩系，陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。已发现有小型金、银、铜矿及石墨等非金属矿床（点）。

中元古界：出露宽坪群，沿秦岭群北侧分布，其原岩为中基性火山岩-陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。主要矿产有铅锌矿等。

下古生界：沿秦岭群变质地层南北，呈两个带分布。南带为丹凤群，以变中基性火山岩为主，具类蛇绿岩套特点，主体属古火山岛弧环境产物，与铜、金成矿关系密切；北带为草滩沟群（陕西东部称二郎坪群），由浅变质中、酸性火山岩和正常沉积碎屑岩夹碳酸盐岩组成。

中生界、新生界：区内为山间盆地沉积，主要有白垩系、古近系和新近系，主要发育劣质煤等矿产。

（2）南秦岭地层区主要分布于武山-天水-商南-丹凤断裂以南，文县-玛曲-勉县-略阳断裂以北的广大区域。属区内主要的地层分布区。

太古宇：出露有佛坪群、马道群，前者分布于陕南佛坪城以南，后者分布于陕南勉县以北的马道镇附近。为一套普遍含石墨、夕线石、石榴子石、刚玉等富铝矿物的碎屑岩、大理岩、硅质岩组合，其主体为孔兹岩系，是陕、甘相邻地区地质构造发展演化的基底与基础。

元古宇：主要分布于安康牛山、平利一带。武当群主要为酸性凝灰岩，局部发育碱性火山岩，为大陆裂谷环境。在与震旦系的不整合面上，有 Au、Pb、Zn 等元素化探异常以及多处微细型金矿产出。青白口纪耀岭河群，与武当群相依出露，为一套浅变质海相中性火山熔岩-火山碎屑岩、凝灰岩。该地层中有金、铜矿化。中元古代-青白口纪地层是一套以酸性-基性火山岩为主组成的序列组合，形成于扬子陆块西北缘伸展型火山盆地。

震旦系：下震旦统陡山沱组主要为一套陆源碎屑岩、泥质岩、碳酸盐岩沉积建造，局部具凝灰岩夹层。下段中部铁帽发育，往往形成铅锌地球化学异常。上震旦统灯影组主要出露于巴山弧形断裂带以东区域，岩性主要为白云岩化大理岩夹大理岩、白云岩及少量绿泥片岩，局部地段有磷、锰矿产出。

下古生界：寒武系-奥陶系主要出露于陕南佛坪、紫阳-岚皋一带，在略阳-文县一带呈构造岩片断续出露，由白云岩、泥质白云岩等碳酸盐岩构成主体，局部夹有钙、镁质细碎屑岩。在紫阳-岚皋一带，发育大量的含碳细碎屑岩，并夹有大量的基性次火山岩，早寒武世早期普遍由黑色硅质岩、碳质板岩组成（鲁家坪组、水沟口组），形成于次深水-深水非补偿性滞流海盆，略阳-文县一带则由碳质板岩、碳酸盐岩夹黑色碳硅质岩组成。寒武纪中期-奥陶纪地层由三种序列组成：①碳酸盐岩（C）-泥碎屑岩（O）序列组合，分布于北大巴山地区，包含箭竹坝组至权河口组等 6 个地层单位，碳酸盐岩普遍含泥质及砾屑灰岩，形成于陆棚浅海。②碳硅质岩（C）-泥碎屑岩夹灰岩、火山岩序列组合，东段夹灰岩较多，火山岩为基性和中酸性（箭竹坝组 C-洞河组 O）；西段碳、硅质岩较发育，火山岩以中酸性为主（太阳顶组 C-O、大堡组 O₂₋₃），形成于陆棚深水盆地和浅海。③镁质碳酸盐岩（C-O₂）-泥质岩（O₂₋₃）序列组合，分布于南秦岭东段武当元古宙隆起周边（岳家坪组 C₁₋₂-两岔口组 O₂₋₃ 等 4 个地层单位），岩石以灰绿、紫红色为特征，泥质岩中保

存有水平层理、波痕、干裂等沉积构造,形成于陆棚潮坪(碳酸盐台地)-局限盆地。志留系分布于陕南的白水江、旬阳东南部、安康南北两侧及甘南白水江上游流域大部分区域,主要岩性为一套碳质、有机质含量较高的泥质细碎屑岩、泥质岩和碳酸盐岩建造,主要岩性为粉砂质板岩、碳质板岩、碳硅质岩夹薄层碳酸盐岩。志留纪地层总体由泥质岩、碎屑岩组成,夹碳硅质岩、碳酸盐岩及火山岩。东段(斑鸠关组-水洞沟组)以泥碎屑岩为主,夹少数火山岩、碳硅质岩及灰岩,在北大巴山地区具典型鲍马序列结构。西段(白龙江群)碳硅质岩夹层较多,仅有少数凝灰岩。早-中期盆地水体较深,以笔石相为主,北大巴山地区陡山沟组-五峡河组笔石化石带发育较全,已成我国建阶的层型剖面,中-晚期形成于陆棚浅海,以介壳相为主,晚期形成于滨浅海,东段水洞沟组出现具炎热气候特征的灰绿、紫红色碎屑岩。

早古生代地层主体形成于陆棚非补偿性滞流沉积盆地,自南向北,由东向西海盆逐渐加深,常以断裂为边界出现沉积相和沉积厚度的变化和火山岩的分布,南部(北大巴山)有超基性、基性和偏碱性以火山、次火山岩产出,北部以基性、中酸性为主,东段较西段发育,具裂谷-裂陷盆地特征,因此应属活动性较大的被动陆缘盆地,自晚志留世始海盆自南向北,由东向西迁移缩小。寒武纪-奥陶纪生物群具华北型与华南型混合色彩。

早古生代以碳硅质岩为主体的地层单位中的P、V、Mo、U、Cu、Ag等元素含量普遍较高,部分富集地段已构成矿床,如早寒武世的碳质黑色岩系建造是区内微细浸染型金矿含矿层,如山阳的夏家店金矿和甘肃的拉尔玛金矿。志留系碳质泥质细碎屑岩建造,是铅锌、石煤、黄铁矿、磷和钒、钼、铀等矿产的主要层位,近年来的勘探发现也是本区微细浸染型金矿的重要含矿层,如旬阳的鹿鸣金矿产于中志留统梅子垭组、两当的广金坝一带的金矿产于白龙江群上部的卓乌阔组变质细碎屑岩地层。

上古生界:泥盆系的形成与分布是在晚加里东期一早海西期挤压与伸展动力学转换的背景下,沉积盆地既继承早古生代基底의隆拗格局又具新生裂陷双重特征,主要出露于岷县、礼县、西和县、武都区、凤县、太白县、镇旬盆地、洋县等区域,属海相陆源碎屑-碳酸盐岩建造,由碎屑岩及碳酸盐岩组成,是重要的铅锌、金、汞、锑多金属含矿岩系。

陕南地区下泥盆统西岔河组是含铜、银、金矿的含矿层位;公馆组白云岩夹黏土质岩是汞、锑的赋矿层位;石家沟组生物灰岩类、大枫沟组碎屑岩夹碳酸盐岩,是铅锌矿含矿层位;古道岭组生物礁灰岩与星红铺组接触部位是铅、锌、铜矿含矿层位;星红铺组千枚岩夹泥灰岩和铁山组碎屑岩间夹碳酸盐岩是铅、锌、黄铁矿的含矿层位。

西秦岭地区泥盆系发育一套以砂质、泥质为主,含少量灰质的沉积建造,其中中泥盆统的安家岔组和西汉水组是铅锌矿的主要含矿层位,著名的西成铅锌矿田及代家庄铅锌矿赋存于其中,舒家坝群主体为从下到上的粗碎屑岩-细碎屑岩-不纯碳酸盐岩组合,容矿地层为粉砂质泥质岩建造,中部的细碎屑岩-泥质岩岩性段是马坞、金山等金矿赋矿层。迭部-武都中-上泥盆统的下吾拉组(D_{2-3})灰岩夹砂、页岩地层是坪定等微细浸染型金矿的赋矿地层。略阳-文县一带发育下-中泥盆统三河口群而缺失上泥盆统,阳山等大型金矿赋存于三河口群变质泥质细碎屑岩建造中。

石炭系:大致沿天水-商丹断裂南接触带分布,主要为碳酸盐岩,局部夹陆相碎屑岩。局部产劣质煤,为汞矿的容矿层。是甘肃境内铅锌成矿的又一个重要层位。

二叠系：主要出露于甘肃临潭及舟曲一带。由大关山组灰岩、石关组砂岩、页岩组成。与铜铅锌多金属矿关系密切。

中生界：三叠系主要分布于中-西段，东段仅在镇安西口残留有早-中三叠世沉积记录。迭部-武都一带早-中三叠世地层组成自南向北为碳酸盐岩-碳酸盐岩夹碎屑岩-低成熟度陆屑泥质岩、碎屑岩夹灰岩（迭山组上部 T_1 浩斗扎阔尔组 / 隆务河群 T_{1-2} ），构成滨海碳酸盐岩台地-浅海-斜坡钙质碎屑流-斜坡深海泥碎屑流横向沉积结构。中段（凤县以南留凤关一带）由细碎屑岩、泥质岩和碳酸盐岩砾块组成（留凤关组 T_1 ）的斜坡复理石沉积，其西延（在合作一带）有一套滑塌沉积（相当原二叠系-三叠系毛毛隆组），属三叠纪盆地北缘斜坡带。侏罗纪-白垩纪地层为山间盆地陆相沉积，揭示印支运动是南秦岭海陆转换的重大构造事件。侏罗纪地层多数沿断裂带分布，形成于山间断陷（拉分）盆地沉积，缺失晚侏罗世沉积。

新生界：古近系和新近系主要由一套陆相河流-湖泊相沉积组成，是重要的石油、天然气、石膏、岩盐等的赋存层位。

第二节 岩浆作用及成矿

秦岭成矿带岩浆活动十分强烈，活动时间从太古宙至燕山期，岩石类型齐全，从超基性、基性到中性岩体均有出露，受岩石圈基底构造和地表构造带的制约，岩浆岩分布具有南北分区、东西成带的格局。

一、基性、超基性岩与蛇绿岩组合

以新元古代和加里东期为主，主要分布于北秦岭、豫西、汉南、勉县-略阳及武当和北大巴山地区，后两个地区以基性岩为主。前震旦纪基性、超基性岩主要沿南北两侧的华北地台南缘和扬子准地台北缘的深大断裂构造带分布。分布于豫西的太古宙的镁铁质岩常与绿岩带伴生，形成于新元古代和加里东期的基性-超基性岩与火山-沉积岩系伴生，构成蛇绿岩的组成部分（主要见于北秦岭）。扬子准地台北缘的汉南古陆内部的洋县-南江一带是目前我国已知规模最大的层状基性杂岩体主要出露地段，在长 180km，宽 60km 的范围内有大小岩体 70 余个，最大岩体为城山-毕机沟岩体，面积大于 500km²，次为碑坝、望江山岩体，面积均在 100km² 以上。所见岩体，除了南部旺苍一带出现较多的镁铁-超镁铁杂岩和偏碱性超镁铁岩体外，其余以镁铁岩类岩体为主，岩石主要包括辉长岩、苏长辉长岩、橄榄苏长辉长岩、闪长岩及部分超镁铁岩类。超镁铁岩类除个别成独立岩体产出外，基本都以一种杂岩相或岩石单元不连续产出在镁铁岩或层状岩序的下部，岩石主要为含长辉石岩、辉石岩、含长橄榄岩、橄榄岩、橄长岩及少量辉橄岩、纯橄岩。这些层状基性杂岩体多侵位于西乡群白沔峡组基性火山-沉积层序中（早期）和三花石组的碎屑沉积岩段内（晚期），侵位于后者的岩体如碑坝、望江山、城山-毕机沟等层状杂岩体。详细

研究表明,含镁铁-超镁铁杂岩的西乡群和火地垭群应属一种较为典型的绿岩型火山沉积建造,显示它们是一种元古宙时期(新元古代)的大陆裂陷环境和与此有关的火山盆地演化过程的产物(李行等,1995;杨星等,1993)。加里东期和海西期的岩体则主要沿区内区域性分界构造带呈东西成带分布,且具有北老南新特征(图1-1)。北秦岭早古生代基性侵入岩体出露于北秦岭商丹断裂带北侧,如周至厚畛子、小王涧四方台,商州区秦王山-拉鸡庙和商南富水杂岩体、西部太白县牛家沟基性岩、陇县扫帚滩角闪石岩、宝鸡望家坡辉长岩、宝鸡杜家十字辉绿玢岩等岩体,一般规模不大,呈岩墙、岩瘤产出。南秦岭的紫阳-岚皋-平利-镇坪一带出露一条粗面岩及碱性超基性和基性岩构成的碱性杂岩带,该岩带向东延入湖北竹溪境内。杂岩带的岩石类型主要为辉石玢岩、金云透辉煌斑岩、橄榄辉石岩、辉长辉绿岩、钠闪粗面岩、黑云粗面岩等,属高钛富铁的碱基性岩类,形成于早古生代的大陆伸展拉张环境。基性、超基性岩类岩浆岩化学成分总的演化趋势是随年代的变新,酸度、碱度增加,火山岩由拉斑系列向钙碱性系列、碱性、过碱性系列演化,侵入岩由钙碱性向碱钙性演化。与基性、超基性岩浆作用有关的成矿作用主要为Cr、Ni、Au以及钒钛磁铁矿等,北大巴山地区与基性杂岩有关的钒钛磁铁矿已被列入整装勘查的矿集区。

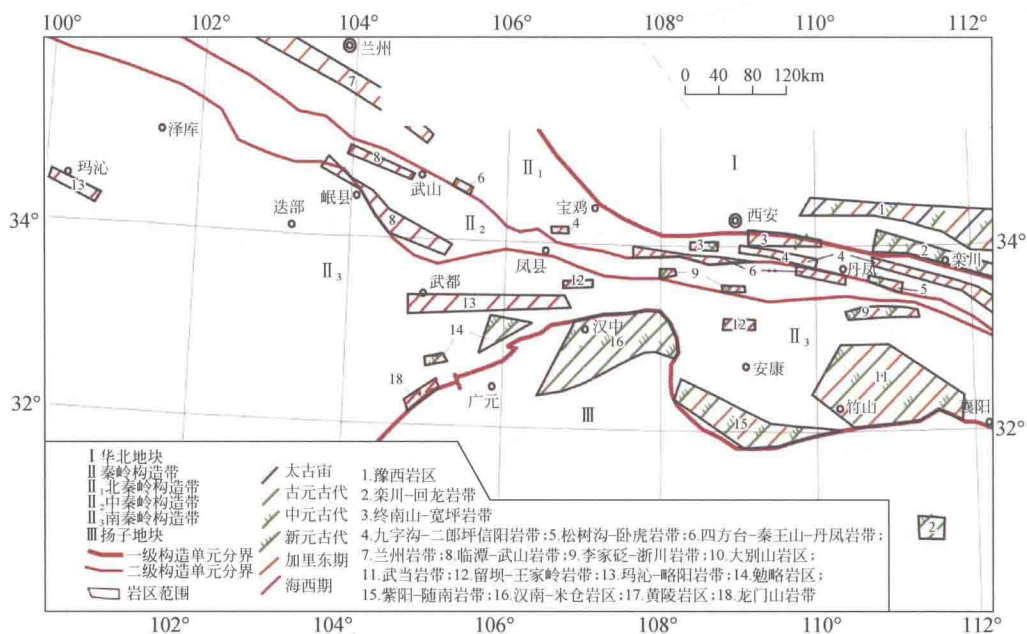


图 1-1 秦岭成矿带基性、超基性岩分布略图

研究区蛇绿岩按形成时代可分为新元古代、早古生代、晚古生代。新元古代蛇绿岩目前主要分布于北秦岭,早古生代蛇绿岩也主要分布于北秦岭,晚古生代蛇绿岩主要分布于南秦岭。

1. 新元古代蛇绿岩

新元古代蛇绿岩以松树沟蛇绿岩为代表。松树沟蛇绿岩分布于豫陕交界的商丹断裂带南侧的陕西松树沟-河南洋淇沟一线,出露长度约27km,平均宽度为2km,总体呈现为北西-南东向展布的长透镜体,主要由镁铁质岩和超镁铁质岩构成。其中镁铁质岩主要岩

性为斜长角闪岩、石榴斜长角闪岩、斜长角闪岩和含浅色矿物杏仁体斜长角闪岩、榴闪岩、石榴辉石岩等偏基性火山岩,夹少量大理岩、钙硅酸盐岩。超镁铁质岩主要由橄榄质糜棱岩、中粗粒纯橄岩和少量方辉橄岩、透辉橄岩和橄橄透辉岩及富铬铁矿体等组成,镁铁质岩与超镁铁质岩之间为断层接触。岩石地球化学研究显示,松树沟蛇绿岩中的超镁铁质岩以低铝、钛和贫碱为特征,微量元素与原始地幔相比,相对富集 Rb、Ba、Th、K、Pb、U、Zr 等不相容元素而亏损 Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni 等相容元素,对洋淇沟超镁铁质岩中的橄榄石、顽火辉石、铬尖晶石等单矿物的 Sm-Nd 等时线测年,获得 $1084 \pm 73\text{Ma}$ 的数据(陆松年等, 2006),为中元古代末期最终成岩,属亏损地幔源产物。而镁铁质岩主要显示为变质基性火山岩,原岩主题为玄武岩,且主体表现为过渡型洋中脊拉斑玄武岩(T-MORB 型),显示存在洋壳成分。董云鹏等(1997a)选取的松树沟斜长角闪岩所做的 Sm-Nd 等时线年龄测定,曾获得 $1030 \pm 46\text{Ma}$ 的年龄数据;李曙光等(1991)曾获得斜长角闪岩 $983 \pm 140\text{Ma}$ 的 Sm-Nd 等时线年龄数据。由此可判断松树沟蛇绿岩的形成时代为 $1084 \sim 983\text{Ma}$,为中元古代末期到新元古代早期,其形成环境可能为拉张的小洋盆。

此外,根据 1:25 万略阳幅区域地质调查,在宁强县黑木林-略阳县峡口驿一带发现呈北东方向展布的蛇绿岩组合,该套蛇绿岩被勉略蛇绿构造混杂岩带所交截。显示出沿勉略带左行剪切走滑特征,走滑距离大于 50km。黑木林-峡口驿一带的蛇绿岩物质组合主要包括超镁铁质岩、基性杂岩类、玄武岩、斜长花岗岩以及硅质岩和硅质板岩等。超镁铁质岩主要为纯橄岩、斜辉橄岩、辉橄岩以及蚀变蛇纹岩和蛇纹石化岩石等,基性杂岩包括堆晶辉长岩、角闪辉长岩、辉绿岩、辉绿玢岩等,以似层状、层状、脉状、岩墙等形态产出,具有明显的堆晶结构和似层状构造。对该蛇绿岩套岩石组合的岩石学、地球化学研究显示,它们具有与现代大西洋洋中脊玄武岩相同的或类似的特征,形成构造环境为 N-MORB 或 MORB 环境。与蛇绿岩有关的陈家坝群为初始裂谷环境形成具双峰式的一套基性-酸性火山熔岩。大安群以基性火山熔岩岩石为主,各数据显示为大洋环境,是初始裂谷进一步向大洋演化的结果,并与超镁铁质岩石一起形成扩张阶段蛇绿岩组成部分。对该蛇绿岩有关的乔子沟变玄武岩样品中锆石矿物进行阴极发光测试,并利用国际普遍认可的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法测出 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 同位素年龄为 $2024.5 \pm 9.2\text{Ma}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄为 $2020 \pm 20\text{Ma}$ 、 $1990 \pm 44\text{Ma}$ 、 $1018 \pm 55\text{Ma}$ 等,时代应属古-中元古代。三岔子一带的斜长花岗(斑)岩锆石逐层蒸发法 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 $926 \pm 10\text{Ma}$,相邻的浅灰绿色片麻状堆晶辉长岩中用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $941.2 \pm 9.6\text{Ma}$,显示斜长花岗(斑)岩的侵入年龄与碧口板块中-新元古代时期俯冲碰撞有关。

2. 早古生代蛇绿岩

早古生代蛇绿岩主要呈蛇绿岩岩块分布于商丹蛇绿混杂岩带中。这些蛇绿岩以其形成时代老、变形和变质较强烈、层序不完整、规模小为特征,且与世界典型的蛇绿岩差别大。目前沿北秦岭商丹蛇绿混杂岩带分布的蛇绿岩岩块由西到东有:武山、关子镇、岩湾-鸚鸽嘴、丹凤、郭家沟等蛇绿岩块;其中,天水关子镇、凤县岩湾以及太白县东鸚鸽嘴等蛇绿岩块是近些年来 1:25 万区域地质调查新发现和厘定出的早古生代蛇绿岩块。蛇绿岩的组成各地略有差别,多由蛇纹岩、辉长岩、玄武岩、硅质岩组成,蛇纹岩原岩为纯橄

岩、方辉橄榄岩等。武山蛇绿岩具有 E-MORB 特征(董云鹏等, 2007), 关子镇、岩湾蛇绿岩岩块具有 N-MORB 特征, 其形成时代分别为: 武山蛇绿岩 $471 \pm 1.4\text{Ma}$ (杨钊等, 2006)、关子镇蛇绿岩 $457 \pm 3\text{Ma}$ (裴先治等, 2007)、岩湾蛇绿岩 $483 \pm 13\text{Ma}$ (陈隽璐等, 2008b), 丹凤蛇绿混杂岩中有含奥陶纪放射虫化石的硅质岩(崔智林等, 1995), 黑河地区侵入于早古生代 N-MORB 玄武岩的淡色花岗岩锆石 U-Pb (SHRIMP) 年龄为 $442 \pm 7\text{Ma}$ (闫全人等, 2007), 说明该带蛇绿岩均形成于早古生代, 代表了洋壳形成年龄。

天水关子镇地区蛇绿岩及变质基性火山岩南侧以大型韧性剪切带与早古生代“李子园群”相邻, 北侧以片麻状变质辉长-闪长岩体与古元古代秦岭群相隔。该蛇绿岩主体由变质基性火山岩(斜长角闪片岩)组成, 变质基性火山岩系南侧还出现有蛇纹岩(变质橄榄岩)、变质辉石岩和变质辉长岩构造块体, 它们组成了一个不完整的蛇绿岩组合。该蛇绿岩带向西被温泉花岗岩体吞没, 至武山一带重新出露并与武山蛇绿岩相连接。关子镇蛇绿岩中的变质基性火山岩总体属于 N-MORB 型玄武岩, 是洋脊型蛇绿岩的重要组成部分(据长安大学和甘肃地质调查院 2004 年资料)。

岩湾蛇绿岩块和鸚鵡嘴蛇绿岩块均处于商丹板块结合带内, 前者分布于凤县岩湾乡以南, 呈近东西向透镜体展布, 长约 9km, 南北宽 0.5 ~ 1.5km, 出露面积约 5km^2 。南界以逆断层与下白垩统相隔, 北以韧性剪切带与古元古代秦岭群接触。主要岩石有绿泥钠长石岩、蛇纹岩、含钙绿泥钠长片岩、石英辉长岩和斜长变粒岩、长英质碎粒岩及薄板状硅质岩、中性火山岩(安山岩)、黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩岩块。岩石变形变质强烈, 普遍遭受糜棱岩化或形成糜棱岩, 局部叠加后期碎裂岩化; 不同构造岩石之间皆以脆脆性断层或构造面理接触。后者东西长约 8km, 南北宽 1 ~ 3.5km, 面积约 20km^2 , 岩石类型主要为蛇纹岩、蛇纹石化糜棱岩、蛇纹石化橄辉岩、角闪质糜棱岩、斜长角闪质糜棱岩、碎裂片状绿帘阳起石岩、辉长质糜棱岩和糜棱岩化细粒辉长岩、安山质糜棱岩、流纹质糜棱岩、蚀变火山角砾熔岩、粗面流纹岩、流纹斑岩、大理岩、混合岩化片麻岩等岩块, 岩石受构造改造作用, 均发生变形变质, 形成糜棱岩化和糜棱岩。各岩块间以脆性、脆韧性断层或构造面理相接触, 构成有层无序的构造混杂体。对该两处蛇绿岩块的综合分析研究, 它们具有以下特征: 蛇绿岩中超基性岩(超镁铁质岩)为变质橄榄岩, 属原始地幔、亏损地幔和二者的过渡类型, 具大洋脊岩石特征; 变玄武岩呈块状产出, 岩湾地区的玄武岩(绿泥钠长石岩)具似枕状构造(?), 夹有硅质岩透镜体, 具洋中脊(MORB)玄武岩特征, 可能为大洋环境, 鸚鵡嘴地区玄武岩(斜长角闪岩), 为洋中脊构造环境; 两处蛇绿岩中辉长岩较发育, 岩石具糜棱岩化, 推测可能属于大洋环境; 蛇绿岩上覆岩系中的含钙绿泥钠长片岩以及中酸性火山岩形成于岛弧环境。因此岩湾蛇绿岩形成环境为以大洋为主兼有岛弧构造环境, 而鸚鵡嘴蛇绿岩形成环境为大洋(含洋中脊)构造环境, 其上覆岩系为岛弧构造环境。蛇绿岩所代表的洋壳, 是非正常的大洋岩石圈残片, 物质主要来源于原始地幔和相对亏损的残余地幔。

3. 晚古生代蛇绿岩

晚古生代蛇绿岩主要沿南秦岭南部文县-康县-勉县-略阳构造混杂岩带分布。从西往东分段分布于康县-琵琶寺-九寨沟、略阳-勉县、石泉-高川-五里坝等区段。该带

向西在阿尼玛卿德尔尼出露洋脊型蛇绿岩,向东在湖北随州三里岗到周家湾一带仍可见及。其中在略阳-勉县段的三岔子、庄科、安子山等地蛇绿岩出露较好,其他地段则以大洋拉斑玄武岩(康县-琵琶寺段)或大陆边缘岛弧安山质岩浆组合(饶峰段)和洋岛玄武-英安流纹质双峰式火山岩组合(五里坝段)为特征。

康县-琵琶寺-九寨沟一带的蛇绿岩以变质基性火山岩为主,并以构造岩片形式卷入勉县-略阳-文县-康县构造混杂岩带中,变质基性火山岩岩片主要出露于甘肃康县旧城、碾坝、刘坝、豆坝、琵琶寺,四川九寨沟县塔藏、隆康以及九寨沟沟口等地段。琵琶寺一带分布的变质基性火山岩为典型的大洋拉斑玄武岩(MORB型玄武岩),其地球化学特征和岩相学特征与庄科洋壳蛇绿岩片以及德尔尼洋壳蛇绿岩片极为相似,代表本区消失了的古洋壳岩石,是洋盆扩张期间火山作用产物;分布于康县旧城-碾坝-刘坝-豆坝一线的变质基性火山岩主要为亚碱性玄武岩、碱性玄武岩和碧玄岩类,地球化学研究显示其类似于洋岛玄武岩和洋岛碱性玄武岩,属大洋板内洋岛型火山作用产物。以上各类性质的基性火山岩均属于蛇绿岩的组成部分,代表了古洋壳的存在。塔藏-隆康一带原划为三叠系,后由于在该地区发现大量泥盆纪牙形石以及出露有一套基性火山岩而被解体出来。该区段泥盆系可与文县-武都-康县地区的泥盆纪三河口群对比,灰岩中产有泥盆纪牙形石化石,故其时代属晚泥盆世。解体出来的基性火山岩分布于塔藏和隆康两个构造岩片内。塔藏一带的火山岩由爆发相玄武-玄武安山质火山集块岩、角砾岩、凝灰岩和溢流相玄武岩、玄武安山岩等熔岩组成,夹少量砂板岩和结晶灰岩。火山岩呈灰黑色-黑绿色,块状构造,有橄榄石、辉石包体。隆康一带的火山岩大部分为变质基性火山岩,局部有杏仁状片理化玄武岩,呈灰绿色,片理发育,厚度一般20~30m。夹持于薄-中厚层状结晶灰岩、白云质灰岩中,主要为灰绿色片理化中基性火山岩和中基性火山凝灰岩、中基性晶屑凝灰岩、砂岩、板岩及硅质岩条带。岩石地球化学研究表明(裴先治等,2002;赖绍聪和秦江峰,2010),塔藏和隆康地区玄武岩总体属于板内洋岛碱性玄武岩,但也有部分属于异常洋脊型玄武岩(E-MORB),说明塔藏-隆康地区玄武岩系总体也是洋盆阶段的产物。

勉县-略阳一带的蛇绿岩主要沿勉县-略阳蛇绿构造混杂岩带分布,岩石组合包括强烈蛇纹岩化的方辉橄榄岩和纯橄榄岩、具堆晶结构的辉长岩、呈岩墙产出的辉绿岩以及侵入辉长岩辉绿岩中的斜长花岗岩、变质基性火山岩等,在安子山和三岔子地段还发育有与玄武岩和安山岩互层产出的硅质岩。安子山地区的蛇绿岩由变质橄榄岩和斜长角闪岩组成,前者强烈亏损轻稀土,后者属于拉斑系列,源于亏损地幔源区;庄科一带蛇绿岩组合为变质橄榄岩、变质辉长岩、斜长花岗岩和变质基性火山岩。变质辉长岩与变质基性火山岩具有相似的地球化学组成特征,其中变质基性火山岩为亚碱性的拉斑玄武岩系列 Na_2O 含量明显大于 K_2O 含量,稀土元素配分表现为轻稀土亏损形式,其岩浆来源于高度亏损的地幔区;三岔子一带与蛇绿岩共生的硅质岩中发现了放射虫动物群,时代为早石炭纪(冯庆来等,1996),三岔子放射虫硅质岩的Sm-Nd等时线年龄为344~326Ma(徐学义等,2008),属石炭纪,因此勉略地区蛇绿岩形成时代应为石炭纪。

关于勉略地区蛇绿岩的形成时代目前存在两种不同的认识,一种认为形成于晚古生代泥盆纪-石炭纪(张国伟等,2003;李曙光等,1996;赖绍聪等,2003;冯庆来等,1996;董云鹏等,2003),主要依据是:在九寨沟隆康安山质熔结凝灰岩获 $246.2 \pm 2.8\text{Ma}$