

国土资源大调查项目成果

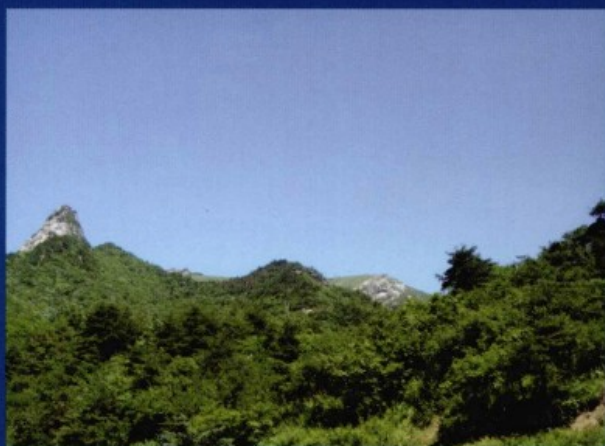
西秦岭成矿带中东段金(铅锌)多金属矿 成矿规律及资源潜力评价

◎ 肖力 赵玉锁 张文钊 等编著

地质出版社

**METALLOGENIC REGULARITIES AND RESOURCE
POTENTIAL EVALUATION OF Au (Pb-Zn) MULTI-METAL
IN MID-EAST PART OF WEST QINLING METALLOGENIC BELT**

Xiao Li Zhao Yusuo Zhang Wenzhao and others



Geological Publishing House
Beijing, China



定价: 35.00元

国土资源大调查项目成果

西秦岭成矿带中东段金（铅锌） 多金属矿成矿规律及资源潜力评价

肖 力 赵玉锁 张文创
邹依林 潘爱军 韩先菊 编著
崔 龙 张 峰 张 勇

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是中国地质调查局国土资源大调查“西部地区以金为主的矿产资源综合评价”项目“西秦岭成矿带铅锌金多金属矿产资源潜力评价”(项目编号:1212010632504)的研究成果。书中对西秦岭成矿带中东段的金(铅锌)进行了综合地质调查和系统研究。分别从金(铅锌)矿区域成矿地质背景、典型矿床地质特征、时空分布规律等方面,论述了西秦岭成矿带中东段区域大地构造演化过程对主要成矿地质构造环境的控制,金(铅锌)的成矿作用、成矿规律和控矿因素;利用DPIS和MORPAS对全区进行了多元信息成矿预测,结合成矿规律圈定金成矿远景区40个,铅锌成矿远景区11个;利用1:5万遥感地质解译、1:5万水系沉积物测量、地表及深部工程进行了远景区检查与评价,提交了马坞和寺合两个矿产地;同时发现多个金多金属矿化点;最后利用分形法和丰度法估算了西秦岭成矿带中东段金、铅锌矿资源总量;对全区金(铅锌)进行了资源潜力评价;认为西秦岭成矿带中东段金(铅锌)多金属矿找矿具有十分明朗的前景。

本书可供从事区域找矿工作、矿产资源潜力评价的生产和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

西秦岭成矿带中东段金(铅锌)多金属矿成矿规律及
资源潜力评价 / 肖力等编著. —北京:地质出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-116-06369-3

I. ①西… II. ①肖… III. ①秦岭-金矿床-多金属矿床-
成矿规律-研究②秦岭-金矿床-多金属矿床-矿产资源-评价
IV. ①P618.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第205747号

Xiqinling Chengkuangdai Zhongdongduan Jin (qianxin)
Duojinshukuang Chengkuangguilu Ji Ziyuanqianli Pingjia

责任编辑:王超 李莉

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号, 100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324567(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:889mm×1194mm 1/16

印 张:12

字 数:340千字

版 次:2009年12月北京第1版·第1次印刷

定 价:35.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06369-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

西秦岭成矿带跨陕、甘、川3省邻接区，在大地构造位置上处于秦-祁-昆Ⅰ级构造单元、秦岭活动带Ⅱ级构造单元中，该区经历了长期多次的构造演化，显示出良好的金（铅锌）多金属大地构造成矿条件。

为加快我国矿产资源的勘查和开发，缓解国民经济高速发展对于矿产资源的需求，在2005年全国重要矿产资源潜力论证院士专家座谈会上确定了我国“十一五”期间固体矿产资源调查规划的16个成矿区（带），西秦岭成矿带是16个成矿区（带）之一，是有色、黑色、贵金属成矿集中区，产出铅锌、汞、锑、金、铜等矿产。近几年来，阳山超大型金矿、寨上特大型金矿、代家庄中型铅锌矿的重大发现，八卦庙金矿、煎茶岭金矿深部及外围找矿的突破，西秦岭再次成为金、铅锌矿找矿热点地区。预测未查明的铅、锌、银、金、锰资源量非常大。

《西秦岭成矿带中东段金（铅锌）多金属矿成矿规律及资源潜力评价》一书是中国地质调查局国土资源大调查“西部地区以金为主的矿产资源综合评价”项目“西秦岭成矿带铅锌金多金属矿产资源潜力评价”（项目编号：1212010632504）的研究成果。参加研究工作的单位有：武警黄金地质研究所、武警黄金第五支队、武警黄金第六支队，参加研究的人员有：肖力、邹依林、赵玉锁、潘爱军、韩先菊、张峰、李绍儒、张勇、崔龙、刘世华、池鹏宇、秦仲谦、石爱萍。项目在研究实施过程中，中国地质调查局陈仁义主任、王全明处长等上级主管领导多次亲临项目承担单位，听取项目工作进展，指导项目工作开展，为项目的最终完成并取得好的成果付出了大量的心血；项目实施单位武警黄金指挥部多位领导和专家亲临野外现场进行检查和指导；在最终成果编写过程中得到了研究所科技处处长葛良胜高级工程师，以及王克强高级工程师、郭晓东高级工程师、刘纲高级工程师、刘桂阁高级工程师等专家的帮助和指导；另外，在项目工作过程中，还得到了当地各级地方政府的帮助和支持，为项目顺利开展提供了有利条件。在此，对各级领导的支持、各位专家的帮助表示诚挚的敬意和衷心的感谢，特别感谢中国地质大学（北京）刘家军教授在百忙之中，抽出时间对本书初稿进行了仔细阅读，并提出了许多宝贵的修改意见。

本书包括前言和结束语共9个部分，是集体研究成果，具体分工：前言由张文钊撰写；第1章由张文钊、肖力撰写；第2章由赵玉锁、肖力撰写；第3章由潘爱军、张勇撰写；第4章由肖力撰写；第5章由肖力、张文钊撰写；第6章由肖力、张文钊撰写；第7章由邹依林、崔龙、张峰、韩先菊撰写；结束语由张文钊撰写。全书由肖力统稿。

限于时间和水平，书中难免出现错漏之处，敬请各位读者批评指正。

目 次

前 言

第 1 章 绪 论	(1)
第 2 章 成矿地质背景	(4)
2.1 研究区大地构造位置及成矿动力学环境	(4)
2.1.1 研究区大地构造位置	(4)
2.1.2 大地构造归属	(4)
2.1.3 大地构造演化及成矿动力学环境	(5)
2.2 区域地层	(10)
2.2.1 区域地层分区	(10)
2.2.2 地层简述	(11)
2.3 区域岩浆岩	(18)
2.3.1 岩浆岩地质特征	(18)
2.3.2 岩石化学特征	(23)
2.4 区域构造	(30)
2.4.1 深部构造	(30)
2.4.2 断裂构造	(30)
2.4.3 褶皱构造	(36)
2.5 区域矿产	(38)
第 3 章 地球化学与地球物理特征	(41)
3.1 区域地球化学特征	(41)
3.1.1 元素区域丰度特征	(41)
3.1.2 区域地层的元素分布特征	(41)
3.1.3 区域主要岩体的元素分布特征	(42)
3.1.4 地球化学分区	(42)
3.2 区域地球物理特征	(46)
3.2.1 重力场特征	(46)
3.2.2 航空伽马场特征	(47)
3.2.3 磁力异常特征	(47)
第 4 章 典型矿床	(50)
4.1 金矿床	(50)
4.1.1 柴家庄金矿	(50)

4.1.2	李子园金矿	(53)
4.1.3	李坝金矿	(57)
4.1.4	寨上金矿	(61)
4.1.5	小沟里金矿	(64)
4.1.6	鹿儿坝金矿	(66)
4.1.7	坪定金矿	(68)
4.1.8	马脑壳金矿	(71)
4.1.9	阳山金矿	(73)
4.1.10	铔厂沟金矿	(75)
4.2	典型铅锌矿床	(77)
4.2.1	厂坝铅锌矿	(77)
4.2.2	邓家山铅锌矿	(80)
4.2.3	下拉地铅锌矿	(82)
第5章	成矿作用	(85)
5.1	金矿成矿物质、成矿流体来源	(85)
5.1.1	成矿物质来源	(85)
5.1.2	成矿流体来源	(93)
5.2	铅锌矿成矿物质、成矿流体来源	(98)
5.2.1	成矿物质来源	(98)
5.2.2	成矿流体来源	(105)
5.3	金、铅锌矿成矿作用	(105)
第6章	成矿规律	(109)
6.1	金矿成矿规律	(109)
6.1.1	金矿床类型	(109)
6.1.2	金成矿区带划分及主要成矿特征	(112)
6.1.3	控矿因素	(115)
6.1.4	区域成矿规律	(125)
6.2	铅锌矿成矿规律	(128)
6.2.1	铅锌矿主要类型	(128)
6.2.2	铅锌矿分布的时空规律	(129)
6.2.3	控矿因素	(130)
6.3	金矿与铅锌矿成矿的相互关系	(133)
6.3.1	铅锌矿与金矿产出关系相近性	(133)
6.3.2	铅锌矿与金矿的差异性	(134)
6.4	区域找矿标志及找矿方向	(134)
6.4.1	找矿标志	(134)
6.4.2	区域找矿方向	(136)

第 7 章 区域成矿预测及成矿潜力评价	(137)
7.1 区域成矿预测	(137)
7.1.1 基于 DPIS、MORPAS 找矿远景区圈定	(137)
7.1.2 成矿远景区圈定及主要成矿特征	(147)
7.2 区域资源潜力评价	(174)
7.2.1 利用分形法对金铅锌矿资源总量预测	(174)
7.2.2 利用丰度法对金矿资源总量预测	(177)
7.2.3 铅锌、金矿资源潜力评价	(178)
结束语	(179)
参考文献	(180)

第1章 绪 论

西秦岭成矿带中东段位于川、陕、甘交界处，大部分属于甘肃南部（图 1.1），地理坐标为：东经 $103^{\circ}00'$ ~ $107^{\circ}00'$ ，北纬 $33^{\circ}00'$ ~ $35^{\circ}20'$ ，工作区呈东西向展布，东西长约 360 km，南北宽约 280 km，面积约 10 万 km^2 。

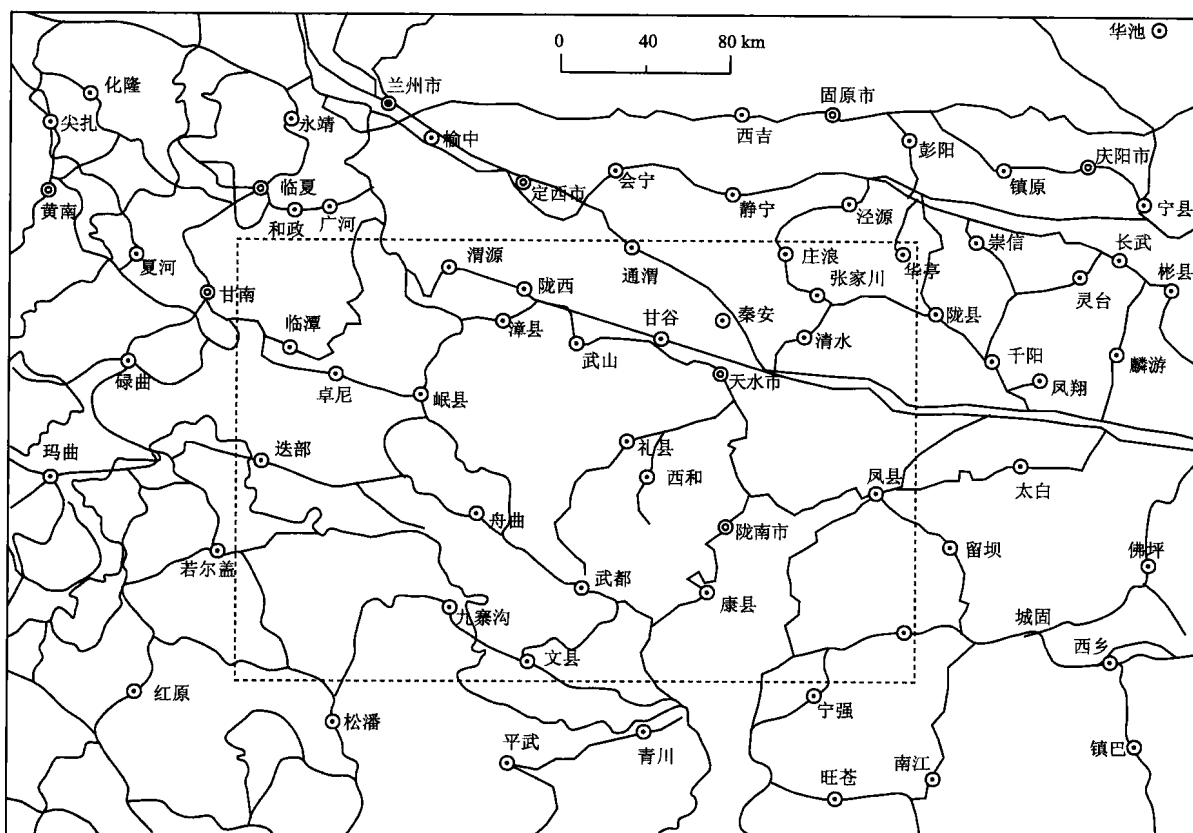


图 1.1 西秦岭成矿带研究区范围及交通位置图

从大地构造位置来看，西秦岭成矿带处于古亚洲构造域、特提斯构造域和滨太平洋构造域交汇部位，是中国中央造山带的重要组成部位，同时是中国东部、西部和北部、南部地壳结构、地壳厚度和地球物理场发生变化的转折带和梯度带。西秦岭地质结构、构造演化复杂、岩浆岩发育，为金铅锌等多金属的成矿作用奠定了坚实的物质基础和地质基础。

工作区地处青藏高原边部，自然条件较恶劣，地势跨高原和山地两大地貌单元。西北部为中浅切割的高原夷平面，大部分为平坦的草地，西南部为中、深切切割的密林山区，空气稀薄，海拔一般为 2800 ~ 4500 m，最高 4996 m（错美峰），向东过渡为中、深切切割的密林山区，相对高差一般在 800 ~ 1200 m 之间，地貌呈山高谷深、峰锐坡陡的山地景观；气候寒冷，属高寒高原区和高寒山区。

区内交通较为便利，陇 - 海、宝 - 成、阳 - 安、襄 - 渝铁路通过工作区，310 国道，312 国道，212 国道，213 国道，316 国道，108 国道及数条省级公路干线贯穿工作区。

区内东部属暖温带湿润多雨气候，年平均气温 14.9°C ，年平均降水量 442 mm；气候垂直分带

明显。

工作区人口较为密集,以汉、藏、回族为主,居住在沟谷和山坡。农业为主,农作物主要有玉米、小麦、土豆、水稻及各种豆类作物;经济作物有党参、当归、大黄、天麻、花椒、茶叶等;工业主要集中于铁路、公路沿线及中等城市。近年来该区矿业经济发展较快,区内金矿及凤-太、西-成一带的铅锌矿已成为国家级矿产基地。

1:50万、1:20万区域地质调查工作已覆盖全区,大部分地区1:5万区域地质调查工作已经完成;1:100万、1:50万重力测量已覆盖西秦岭全区;1:20万区域重力测量目前仅完成了汉中幅的测量工作;航磁测量已完成1:100万、1:20万及1:10万比例尺的测量工作;1:20万水系沉积物测量、基岩区1:20万自然重砂测量已全部完成;甘肃境内仅对部分1:20万化探异常开展了1:5万水系沉积物测量检查工作;目前西秦岭成矿带中东段已发现金矿床(点)共202个,其中超大型金矿1个,特大型金矿床3个,大型金矿床10个,中型金矿床22个,小型金矿床28个;铅锌矿床(点)共85个,其中特大型矿床1个,大型矿床12个,中型矿床11个,小型矿床14个。基础性地质调查工作在区内已实施10多个;综合性的研究工作较多、较全面和系统;区域成矿背景、成矿规律、成矿系列和成矿模式及地球物理、地球化学、遥感等专题研究工作较多。许多学者对本区的基础地质研究和矿产地质研究进行了较系统、详细的研究,包括秦岭构造的演化、成矿条件、成矿预测、成矿系列、成矿环境及找矿方向方面的研究工作,代表性的主要研究成果有《西秦岭地区构造体系及金矿成矿构造动力学》(杜子图,1998a),《西秦岭造山带构造山过程及动力学——1:100万西秦岭造山带及其邻区大地构造图说明书》(冯益明,2002),《西秦岭造山带的建造与地质演化》(霍福臣,1995),《西秦岭大地构造演化与金成矿带的分布》(刘家军等,1997),《西秦岭造山带演化与成矿》(杨恒书,1996),《秦岭板块金矿床》(卢纪英,2001),《秦岭金矿遥感地质》(马建伟,1997),《秦岭热水沉积型铅锌(铜)矿床》(祁思敬等,1993a),《秦岭造山带与大陆动力学》(张国伟,2001)。

总体而言,该区地质工作程度相对较高,尤其是矿产地质工作程度较高。通过各有关部门和单位在区内的各项工作(地、物、化、遥及其他专项工作),圈定了许多矿化富集区、异常区,发现了众多矿化点、矿化信息点;近年来金铅锌的地质找矿工作不断取得突破;但工作区自然地理条件差、工作环境艰苦,第三系、第四系覆盖严重,区内找矿空间还相当大。特别是近几年来金、铅锌矿找矿工作不断取得新的进展和突破,有必要结合新发现的矿床(点)成矿特征,对区内金铅锌矿床进行系统的成矿作用、成矿规律的系统研究,对金铅锌矿产进行资源潜力总体评价,进一步圈定找矿远景区。

在大量野外地质调查工作基础上,经室内综合研究,对西秦岭成矿带中东段成矿地质环境进行了细致研究,对成矿作用进行了深入研究,划分了成矿区带,论证了成矿控制因素,总结了成矿模式、找矿标志,提出了找矿模式;圈定了找矿远景区,预测了金铅锌资源总量,最后对区内金铅锌资源进行了评价。所取得的主要成果有以下几方面:

1) 系统总结矿产资料、地质资料、化探和物探资料,结合1:5万遥感解译成果、野外实际地质工作,编制了“西秦岭成矿带铅锌金成矿规律及成矿预测图”。

2) 统计了西秦岭成矿带中东段金、铅锌矿资源总量,据收集的资料统计,目前西秦岭成矿带中东段金矿床(点)共202个,资源总量1 100 042.78 kg,其中超大型金矿1个,资源量308 000 kg,占矿床(点)个数的0.5%,占资源总量的27.3%;特大型矿床3个,资源量243 668 kg,占矿床(点)个数的1.49%,占资源总量的22.15%;大型金矿床10个,资源量290 015 kg,占矿床(点)个数的4.95%,占总资源量的26.37%;中型金矿床22个,资源量209 187 kg,占矿床(点)个数的10.9%,占总资源量的19%;小型金矿床28个,资源量57 137 kg,占矿床(点)个数的13.9%,占总资源量的5.2%。

铅锌矿床(点)共85个,资源总量2922.4万t;其中特大型矿床1个,资源量800万t,占矿床(点)个数的0.99%,占资源总量的27.4%;大型矿床12个,资源量2139.216万t,占矿床(点)个数的11.9%,占总资源量的73.2%;中型矿床11个,资源量370.6092万t,占矿床(点)个数的

10.9%，占总资源量的12.7%；小型矿床14个，资源量70万t，占矿床（点）个数的13.9%，占总资源量的2.4%。

3）分析统计了西秦岭成矿带中东段元素地球化学异常特征，并进行了地球化学分区；西秦岭多数元素都表现出成带、成片集中分布，沿白龙江复背斜构造带是多元素的高背景的强异常带，其中Au、Hg、As异常沿高背景带密集分布；摩天岭东西构造带为Au、Cu高背景强异常带，As、Sb、Hg为低值弱异常带。常量元素在全区不同时代地层中的分配为从老到新含量变化的总趋势是降低的；特别是金为强分异聚集元素，地层时代越老含量越高，从前震旦系到侏罗-白垩系含量递减，在新近系稍有回升，Ag、Zn、Cu、Hg等元素亦具同样的变化趋势。

将工作区划分为4个存在不同特征的地球化学分区；在地球化学Ⅰ区中，Au与Pb、Zn、Ag、As、Sb相关性较好，成为本区金矿找矿的指示性元素组合；在Ⅱ区中，Au与As、Sb、Hg相关性好，组成典型的前缘晕元素组合；在Ⅲ区中，由于地层岩性明显不同，细化出两个地球化学亚区，在Ⅲ-1亚区中，Au-Ag-Cu-Pb-Zn组合相关性较好，为典型的浅成低温热液矿床的找矿元素组合；在Ⅲ-2亚区中，Au与其他元素相关性较差，显示出单独成矿的特点；在Ⅳ区中，划分为两个地球化学亚区，在两个亚区中Au都与As、Sb、Hg相关性好，是典型的前缘晕元素组合。

4）在前人工作基础上，分析了地层、岩性、构造、岩浆作用对金矿成矿的控制作用，指出：金矿成矿对地层无明显选择性，而与岩性有关，一般产于岩性界面靠近岩性为脆性的岩性一侧；总结了弧形构造控矿模式，分析了弧顶、翼部控矿规律及金矿产出特征；指出在印支-燕山期岩体出露区，岩体外围热接触变质带是金矿成矿主要地段；铅锌矿主要有热卤水沉积改造型、沉积变质型和火山沉积改造型3种类型；铅锌矿主要产于中泥盆统中；少部分产于石炭统中，控制铅锌矿成矿因素主要有沉积相、同生沉积断裂、火山机构。

5）总结了区内金、铅锌矿成矿规律，建立了区域金铅锌成矿作用模式；金矿成矿主要与印支-燕山期构造作用有关，解释了金矿中新的年龄数据存在是与印度板块的碰撞有关；金矿成矿物质来源可以有地层和岩浆岩两种主要来源；成矿作用热液有构造热液、岩浆热液和天水3种来源，三者在各金矿床中成矿作用所占比例不同；西成盆地中铅锌矿成矿与海底热流沉积有关，临潭西部铅锌矿成矿与火山喷发有关；在成矿规律、成矿作用研究基础上建立了区域金铅锌成矿作用模式。

6）分析了区内金、铅锌关系，西成泥盆系金矿与铅锌矿具有共性和差异性：共性主要有：①铅锌矿床中产出共生金与伴生金；②铅锌矿床外围的独立金矿床，剖面上金矿体位于铅锌矿的上方，构成上金下铅锌特征；③成矿地质背景的一致性；④铅锌矿床以富集重硫为特征，峰值明显，矿石硫源主要来自海水硫酸盐硫，金矿床围岩硫具有深部来源和陆源2类。差异性主要有：①铅锌矿主要赋存于灰黑色生物灰岩中，金矿主要赋存于千枚岩等原岩为泥质岩的岩层中；②金矿形成与岩浆岩关系密切，而铅锌矿形成与岩浆活动基本不相关；③成矿作用方式，铅锌矿成矿过程较漫长（包括成岩过程），包括矿源层形成、沉淀、变质、改造；金矿形成与构造-岩浆活动有关，成矿过程相对较短，金矿床的后生改造作用要明显得多；④铅锌矿成矿主要集中于华力西期，印支期、燕山期构造活动对矿体起两个方面的作用：再次富集和破坏作用；金矿成矿集中于印支晚期-燕山期，喜马拉雅期构造运动可能对矿脉有富集作用。

7）利用DPIS和MORPAS对全区进行了多元信息成矿预测，结合成矿规律、控矿条件，根据预测原则在本区圈定金成矿远景区共40个，其中Ⅰ级成矿远景区14个，Ⅱ级成矿远景区11个，Ⅲ级成矿远景区15个；铅锌成矿远景区共11个，其中Ⅰ级成矿远景4个，Ⅱ级成矿远景4个，Ⅲ级成矿远景3个。在对远景区检查过程中发现了马坞金矿床、寺合金矿床和严家河金矿点。

8）利用分形法预测西秦岭成矿带中东段潜在的大于50t的金矿床的资源量为1213.132t；潜在的大于100万t的铅锌矿床的资源量为3240.22万t；同时利用丰度法估算全区金成矿潜力为8073t；从丰度估计法的原理及数学模型可以看出，西秦岭地区富集系数比较大，反映西秦岭地区成矿作用强烈。扣除已发现的金资源量，西秦岭成矿带中东段还存在约7000t的金资源总量。

第2章 成矿地质背景

2.1 研究区大地构造位置及成矿动力学环境

研究区位于中国腹心地带，是秦岭造山带的西延部分，秦岭造山带是中国中央造山带的重要组成部分之一，通常把秦岭造山带分成3部分（冯益民等，2002）：宝成铁路以西的部分称为西秦岭造山带（研究区），宝成铁路以东到南阳盆地之间的部分称为东秦岭造山带，南阳盆地以东到郯庐断裂之间的部分称为大别山造山带。

2.1.1 研究区大地构造位置

秦岭造山带夹持于华北板块和扬子板块之间，西秦岭是秦岭造山带的西段。向西延伸分别与西北部的祁连褶皱系和西南部的松潘-甘孜褶皱系衔接，南部以玛沁-玛曲-迭部-武都-略阳断裂与特提斯-喜马拉雅构造域松潘-甘孜构造带毗邻，东到成（县）-徽（县）盆地与东秦岭相接。

西秦岭成矿带即处在秦岭造山带与华北、扬子板块及祁连、松潘-甘孜褶皱系多个构造单元聚合地带。区内经历了多期次的构造演化，显示出良好的大地构造成矿环境。

2.1.2 大地构造归属

西秦岭成矿区位于秦祁昆中央山系东段，南北纵跨华北、秦岭、扬子3个地块和商-丹（甘南为武山-天水断裂带）、勉-略（甘南为文县-玛曲断裂）2条板块缝合带（图2.1）。区内岩石建造

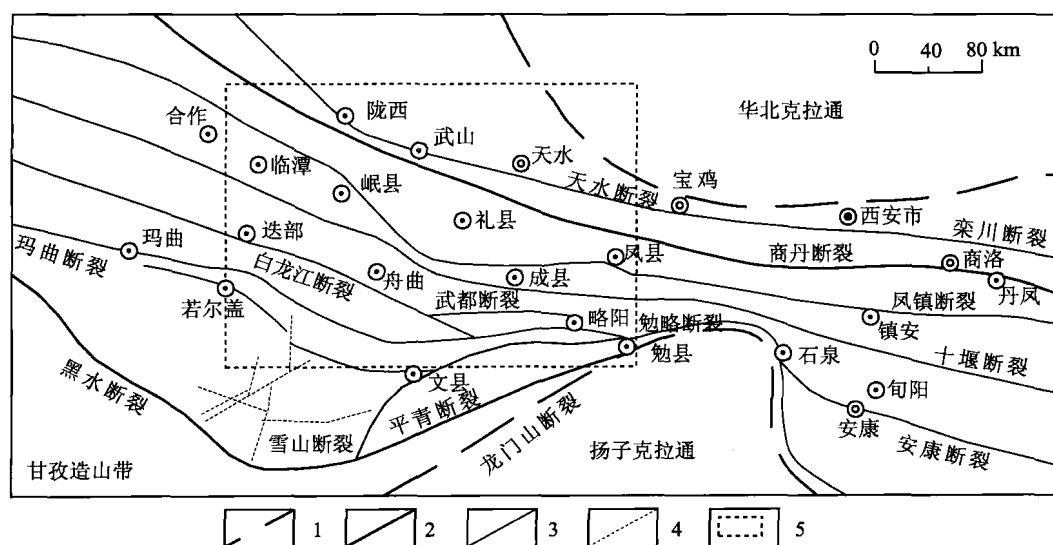


图 2.1 西秦岭大地构造略图

（据张国伟，1996）

1—克拉通与造山带边界断裂；2—板块缝合带主断裂；3—分隔构造层单元断裂；4—非构造单元断裂；5—工作区位置

均具有前寒武纪结晶基底和中新元古代以来沉积盖层的双层结构。区域构造的基本特征是3个地块总体呈现北西西—近东西向展布，又以造山带主造山期南、北边界断裂及内部几条主干断裂为主界面，形成一系列近东西走向的逆冲推覆构造系（图2.2）。岩浆活动划分为前主造山期、主造山期和后主造山期。

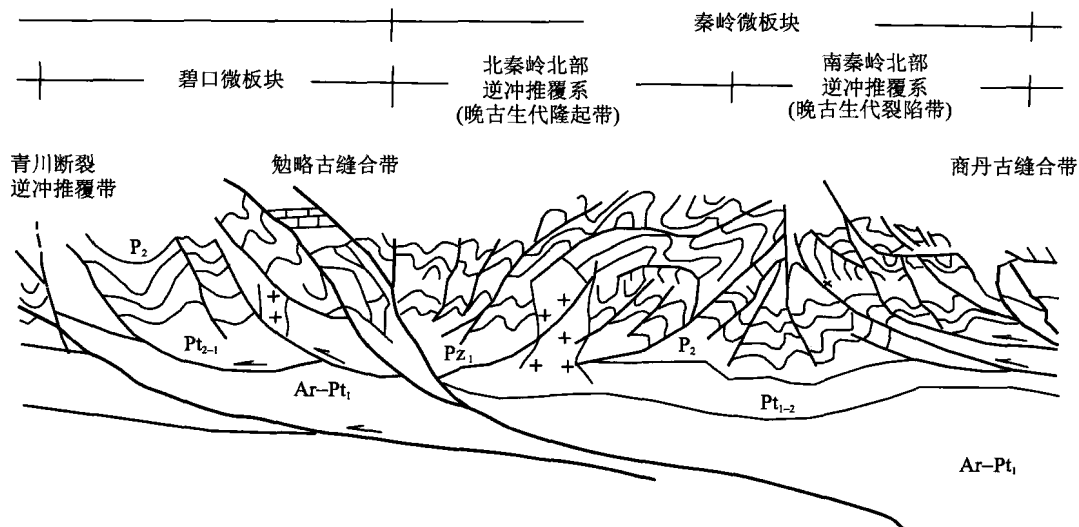


图 2.2 西秦岭逆冲推覆构造
(据张国伟, 1997)

秦岭造山带构造单元的划分，截至目前，各家意见不一，但通过“商丹”缝合线的确定（李春昱，1978；许志琴等，1988），其界以北为北秦岭带，即华北板块南部活动边缘带；其南为南秦岭带，即扬子板块北部被动陆缘；李春昱（1978，1982）、张国伟（1995，1996，2001）厘定勉略带为缝合带，存在蛇绿岩套；但争议较多。

杨恒书等（1996）认为西秦岭属于从扬子大陆分解出来的构造单元，它经历了多个时期构造运动变革和复杂的地壳演化历程，并以临潭—凤县断裂和玛曲—略阳断裂为界，将西秦岭造山带划分成北带、中带、和南带3个亚带。

霍福臣、李永军（1996）按照地层分区与构造单元相印证，综合地层区划所遵循的主要原则，以沉积类型等7个方面为划分标志，将西秦岭地区自北而南划分为祁连—北秦岭地层区（北秦岭加里东造山带）、中秦岭礼县—镇安地层区（中秦岭华力西褶皱带）和南秦岭—大别地层区（南秦岭印支陆隆带）3个亚带，明确指出南秦岭亚带归属于扬子大陆。

西秦岭地区构造单元可以划分北秦岭亚带、南秦岭北亚带、南秦岭南亚带、松潘—摩天岭亚带4个构造单元。商丹断裂以北为秦岭（褶皱）亚带；商丹断裂以南，玛曲—略阳断裂（勉略断裂）以北为南秦岭（褶皱）带，以临潭—凤县断裂为界分为南北两个亚带——南秦岭（褶皱）北亚带、南秦岭（褶皱）南亚带；玛曲—略阳断裂以南为松潘—摩天岭褶皱带（图2.3）。

2.1.3 大地构造演化及成矿动力学环境

西秦岭是东西向秦岭构造带的向西自然延伸，该区地处多个构造单元聚合地带，在漫长的地壳构造演化过程中，它历经多旋回造山构造运动的叠加改造，有着复杂的构造演化历史，呈现出错综复杂的构造变形形象。

自 Richthofen（1866）、Willis（1903）等欧美地质学家涉足秦岭地区地质研究以来，刘季辰、赵汝钧等老一辈国内地质学家于20世纪初先后对本区进行了开创性调查研究，其中以李四光（1924）、

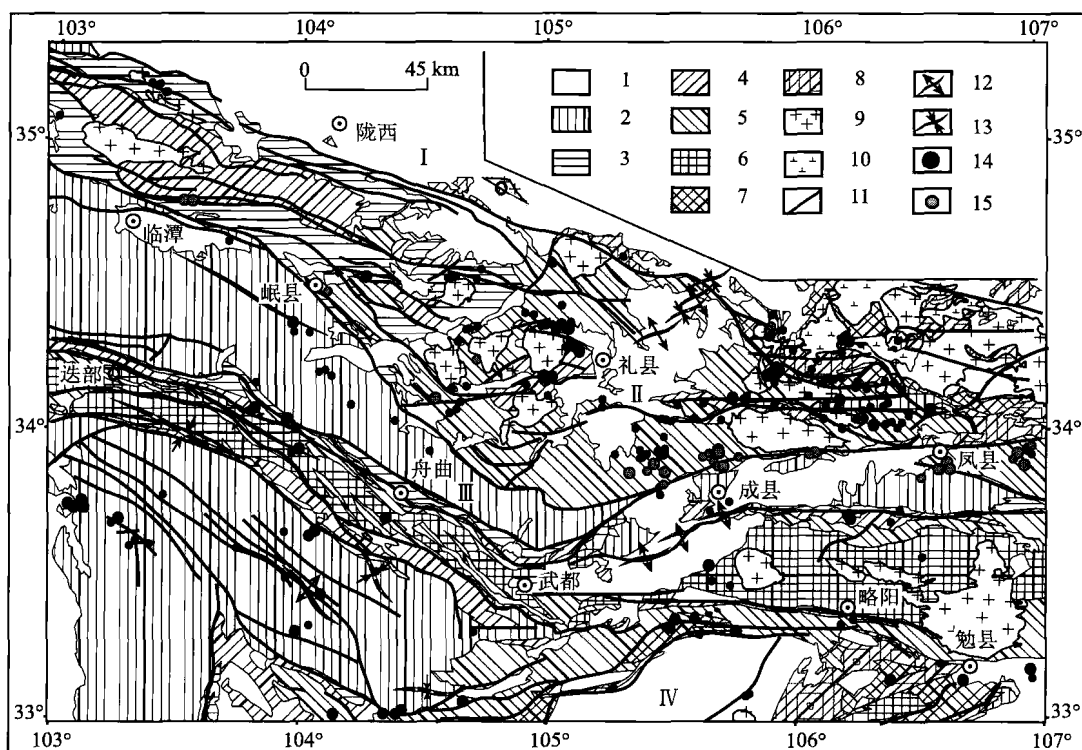


图 2.3 西秦岭地区构造纲要与金（铅锌）矿分布图

（底图据中国地质调查局 1:50 万地质图数据库，2000）

I—北秦岭亚带；II—南秦岭北亚带；III—南秦岭南亚带；IV—松潘—摩天岭亚带。1—侏罗系—第四系；2—三叠系；3—二叠系；4—石炭系；5—泥盆系；6—志留系；7—奥陶系—震旦系；8—元古宇；9—印支—燕山期岩体；10—加里东—华力西期岩体；11—断裂；12—背斜轴线；13—向斜轴线；14—金矿床（点）；15—铅锌矿

赵亚曾和黄汲清（1931）的研究成果最具影响。特别是 20 世纪 70 年代以来，在伦敦碰撞构造会议的推动下，李春昱（1973）、张国伟（1988，1989，1991，1995，1996，1998），许志琴（1991）、殷鸿福（1991，1995，1998）等地质学家相继提出在秦岭地区存在具有现代板块构造特征的地质演化，并发生过洋壳俯冲及板块碰撞造山作用。然而，由于秦岭造山带的复杂性，目前对秦岭地区古老基底的构造格局、造山作用方式以及主造山期的时代仍有很大争议。

严克明等（1993）在研究秦岭地区区域成矿规律的过程中，提出在秦岭地区不存在真正的古大洋，而是“洋盆化”的多期次裂陷海槽，扬子陆块与华北陆块是同一个岩石圈板块；秦岭造山带是板内多旋回裂陷—增生—拼合碰撞的重叠造山带，它在不同地史阶段有不同的板内俯冲碰撞带，商丹断裂带只是晚加里东期碰撞带，礼县—麻沿河—山阳断裂带是扬子陆块与华北陆块在早—中三叠纪最后一次碰撞的碰撞带。宁晰春（1993）的研究也支持了这一观点。许志琴（1991）、任纪舜（1991）等认为秦岭造山带是一个不对称的复合型“碰撞—陆内型”造山带。“不对称”是指造山带显生宙以来的主要构造倾向朝南，为扬子板块俯冲于华北板块之下所致，“复合型”是指作用力自板块碰撞边界向两侧逐渐非均等的传递、迁移及扩展，使造山带经历了自加里东至燕山期长期复杂的构造作用过程；“碰撞—陆内型”是指自泥盆纪南、北板块碰撞之后，陆内俯冲作用使造山带又发育了相当长的时间（约 150 Ma）。

赵宗溥（1995）认为板块构造学说的大陆碰撞作用和槽台学说的地槽回返作用都不能解释秦岭造山带的成因机制，它是一个壳幔拆离形成的陆内“A”型俯冲造山带。袁学诚等（1994，1996）的反射地震研究支持了这一观点，认为这一陆内造山带的形成是扬子地块以鳄鱼式构造插入到华北地块的中地壳，形成华北地区的下地壳向扬子地块俯冲，而其上地壳向扬子地块仰冲的地壳叠置模型。杨志华（1997）从沉积盆地的动力学分析，提出秦岭自古生代—三叠纪东西向的拉分盆地与南北向的

拉张盆地共存,形成了两种类型的造山带,并用抽拉-逆冲岩片构造体制来解释这一造山过程。胡受奚等(1993)则认为秦岭造山带是地体增生、拼贴的结果。

张国伟(1988, 1995, 1996, 1998)的研究表明,秦岭经历了3个不同的构造演化阶段:晚太古代-古元古代造山带前寒武纪基底的形成演化(3.0~1.6 Ga)、新元古代-中三叠世以现代板块构造体制为基本特征的板块构造演化(800~200 Ma)和中新生代陆内造山作用与构造演化。它是以不同的构造体制发展演化而形成的复合型造山带。其主造山作用是3个板块沿两个消减带俯冲碰撞,经历了漫长复杂的造山过程。殷鸿福(1995, 1998)的研究成果也支持了这一认识,并论述了多岛小洋盆的演化,认为这种板块运动主要遵循威尔逊旋回,以造洋阶段的多岛洋、俯冲对接阶段的软碰撞和由此产生的多旋回造山为特征。

霍福臣等(1996)认为西秦岭造山带的演化,早期主要经历了原始陆核的形成(太古宇-古元古代)、裂开成洋(中元古代)、闭洋(新元古代)并俯冲造山(晋宁运动)等主要发展阶段。早古生代-早印支期,裂解开3个各具特色的构造盆地,分别经历了北秦岭活动型裂陷槽沉积和加里东陆陆碰撞造山、中秦岭拉分盆地沉积和华力西陆褶、南秦岭稳定大陆沉积和早印支陆隆。晚印支期以来3个盆地演化趋于一致,以共同发育“开-合”构造及伸展机制下的断块运动为特色。聚与分、开与合是对西秦岭造山带演化史的概括。

刘家军等(1997)认为西秦岭自晋宁期扬子与华北两大古板块发生碰撞对接以后,除在对接带的南侧出现早震旦世活动盖层沉积之外,从晚震旦世至早寒武世初为统一的、稳定的古中国大陆壳发育阶段。这就是西秦岭在早古生代发生裂陷的地质构造背景。归纳起来看,西秦岭自古生代以来经历了3次程度不同的裂陷活动:早古生代白龙江裂陷槽的形成期;晚古生代西汉水裂陷槽的形成期;中生代洮河裂陷槽的形成期(图2.4)。

杜子图等(1998)认为该区在地质历史演化进程中,受区域大地构造运动支配,曾经历了海侵和海退两个历史演变阶段,该区在寒武纪至三叠纪,曾长期处于南北大陆拉张裂陷的海侵状态,三叠纪末的印支造山运动,结束了本区的海侵历史,全面隆起成陆。

冯益民等(2003)认为西秦岭及其邻区自新元古代(大约800 Ma)Rodinia超级大陆裂解以来,经历了秦祁昆大洋形成演化-俯冲碰撞造山阶段、板内伸展阶段和陆内叠覆造山3个重要的演化阶段才形成今日的西秦岭造山带(表2.1)。

表 2.1 西秦岭造山带及其邻区构造演化历程简表

演化阶段	演化期	时 限	重要地质事件
陆内叠覆造山阶段	隆升造山期	更新世—全新世	山体隆升,“U”型磨拉石生成
	走滑造山期	侏罗纪—新近纪	造山带内走滑盆地形成
	逆冲逆掩造山期	中三叠世中期—晚三叠世	壳内拆离,逆冲逆掩造山,构造花岗岩浆事件,“A”型前陆盆地形成
板内伸展阶段	晚期	早三叠世—中三叠世早期	盆山转换期,深水浊积岩相变为浅水浊积岩
	中期	石炭纪—二叠纪	伸展盆地的坳垒构造形成期
	早期	中—晚志留世	伸展岩浆作用及粗碎屑岩形成期
碰撞造山阶段	晚期	晚志留世—早泥盆世	碰撞造山带及复式前陆盆地形成,构造-岩浆事件
	早期	早—中志留世	“B”型前陆盆地形成,前陆磨拉石出现
超级大陆裂解及洋盆演化期	洋盆演化期	中寒武世—奥陶纪	秦祁昆大洋体系形成,蛇绿岩在洋盆中出现
	超级大陆裂解期	新元古代—早寒武世	超级大陆裂解,昆仑-秦岭洋形成
基底演化阶段	晚期	1800~800 Ma	新元古代超大陆事件
	中期	2500~1800 Ma	大陆地壳形成期
	早期	2500 Ma 以前	陆核形成期

(据冯益民等, 2003)

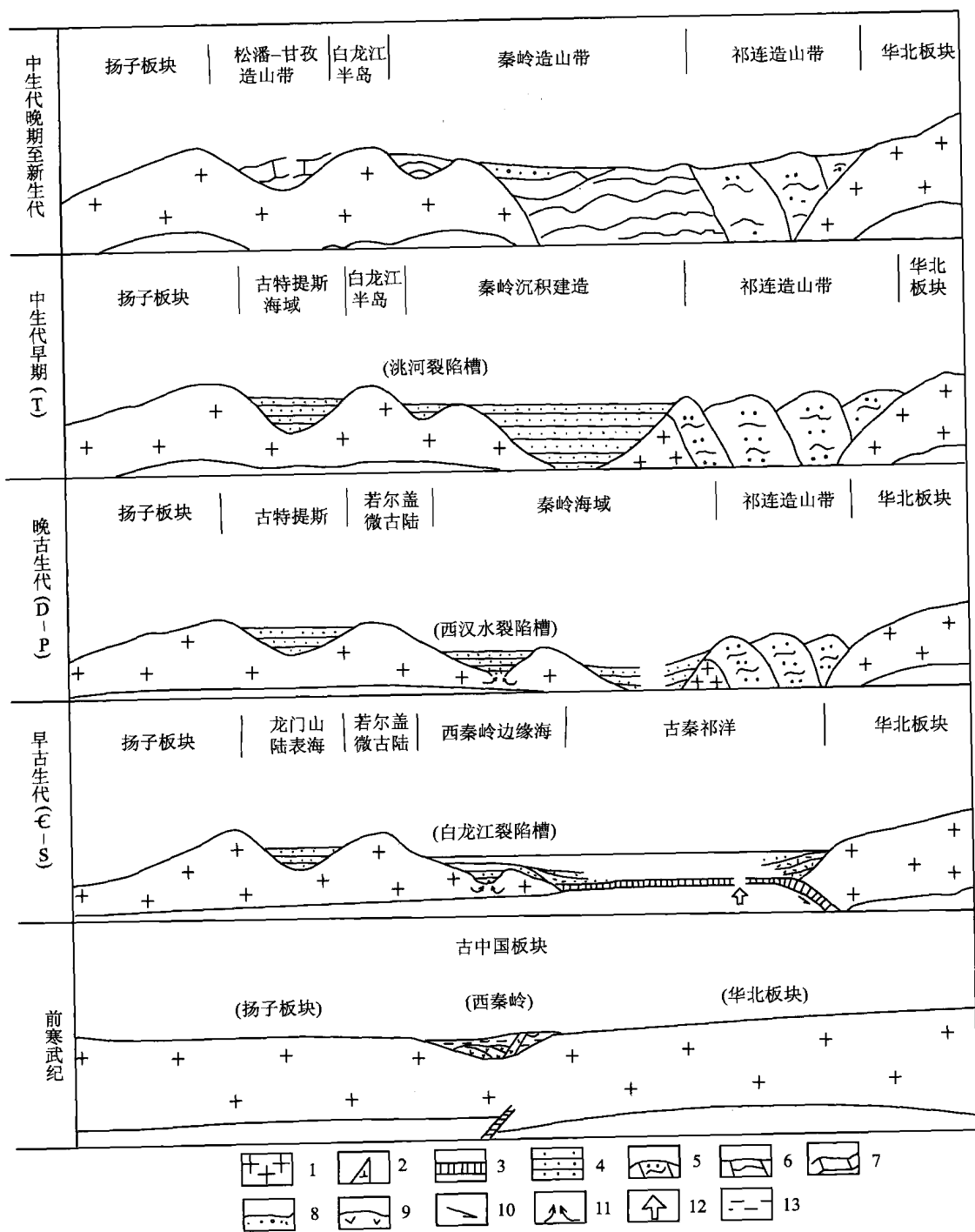


图 2.4 西秦岭构造演化模式图

(据刘家军等, 1997)

- 1—陆壳; 2—岩浆岩; 3—洋壳; 4—砂泥质沉积物; 5—祁连加里东造山带; 6—秦岭华力西—印支造山带;
7—甘孜—松潘印支造山带; 8—燕山—喜马拉雅期断陷盆地沉积物; 9—凝灰岩; 10—古洋壳板块俯冲方向;
11—渗流循环水流方向; 12—扩张脊; 13—沉积盖层

近年来, 随着对秦岭造山带研究的不断深入, 对秦岭是经陆间碰撞形成的这一说法已基本达成共识, 普遍认为它是从加里东至印支期的多期次多阶段造山带, 但对主造山期是加里东期、华力西期, 还是印支期仍存在较大分歧 (黄汲清, 1945, 1976, 1978; 姜春发, 1963; 李春昱, 1973; Klimets, 1983; Mattauer, 1985; Senger, 1985; 张国伟, 1988, 1989, 1991, 1995, 1996, 1998; 殷鸿福,

1991, 1995, 1998; 许志琴, 1988, 1991; 任纪舜, 1984, 1991)。目前多倾向于印支期为主造山期这一认识。殷鸿福认为“秦岭在晚加里东期只缝合而不造山”, 张国伟提出了“古秦岭造山带于元古宙初期由新太古代统一克拉通地块分裂产生, 元古宙秦岭属裂谷系以“A”型俯冲为特征的内陆造山; 显生宙早期具板块构造特征及俯冲碰撞造山作用; 中生代以断块、平移、逆冲推覆为主的板内演化阶段, 主造山期为印支期”的观点。任纪舜认为三叠纪晚期的印支造山作用的确是秦岭造山带构造演化的关键性事件。

西秦岭造山带是长期发展演化的综合结果。由于它所处的特殊构造部位, 受冈瓦纳与劳亚及其之间的特提斯体系和太平洋体系的制约, 在不同地质发展阶段以不同的构造体制演化, 形成明显区别于其他造山带的独特特征。在组成上, 呈现出以古生代各类岩层地质体为主体, 并因构造关系夹持包容着残存的元古宙、乃至新太古代古老岩块、岩片, 同时又叠置复合着中生代新的岩层与岩体, 从而构成纵横向变化大、非常不均一的特殊地质组合。在结构构造上, 它在元古宙复杂的陆内、陆间裂谷构造和显生宙以现代板块构造体制为基本特点的多期次、多类型俯冲碰撞构造基础上, 以晚古生代末期到中生代初期的主期陆-陆穿时斜向俯冲碰撞造山作用所奠定的基本构造为格架, 又遭受中生代强大的陆内造山作用的改造, 从而形成现今秦岭南北边界反向向外逆冲推覆, 内部则以自北而南的叠瓦逆冲推覆和多层次拆离滑脱构造为主导, 成为包容着不同时代、不同构造动力体制下所造成的不同构造的多成因复合型不对称扇状构造山系。在时代上, 其造山作用从加里东开始, 直到燕山期才最终完成, 并以三叠纪晚期的印支造山作用占主导地位。

综合总结前人研究成果, 西秦岭地区整个造山过程的地壳发展、构造演化经历了如下几个重要的发展阶段:

太古宙—古元古代为大陆地壳演化早期的基底形成期 (冯益民等, 2002);

太古宙—古元古代, 西秦岭地区有统一原始陆核的存在 (霍福臣等, 1996);

中元古代, 秦岭统一原始陆核裂开, 形成了华北、扬子两个古大陆;

中元古代长城纪, 扬子地块北缘活动带——陆缘裂谷及裂陷海槽, 以海相火山活动为主, 形成了本区碧口群变质海相火山-沉积岩系;

新元古代青白口纪—早震旦世 (850 Ma ±) 的晋宁造山运动, 华北与扬子古陆对接, 形成统一古中国大陆——欧亚联合古大陆。之后进入古克拉通的稳定抬升阶段;

寒武纪—三叠纪 (古生代—三叠纪) 时期, 联合古陆裂解, 形成东西向裂陷海槽 (再生海槽), 即古特提斯海域, 从此开始了特提斯构造的长期演化历史, 从而进入西秦岭造山带的演化阶段。根据受构造控制的沉积建造特征, 这一时期又可分为 4 个构造阶段: ①早古生代时期, 产生东西向裂陷海槽, 形成了一套海相复理石沉积建造; ②早古生代末期的加里东运动, 使南北陆块再次拼接, 从此进入较长时期且相对稳定的滨海-浅海台地沉积阶段; ③晚古生代—中三叠世早期, 在相对稳定的滨海相-浅海台地沉积环境中, 形成一套次稳定—稳定的以台地相碳酸盐岩为主的沉积建造; ④中三叠统晚期—下三叠统, 地壳又转为活动状态, 再度发生裂陷作用, 形成活动性很强的一系列东西向裂陷槽, 特提斯海侵进入西秦岭, 造就了一套数万米的深海—半深海浊流复理石碎屑沉积建造;

三叠纪末期的印支运动, 南北大陆俯冲碰撞造山作用强烈发生, 致使裂陷槽关闭并褶皱隆起成山系, 同时劳亚联合古大陆形成。伴随造山构造运动有较为发育的岩浆活动和变质作用的普遍发生, 三叠系及其以前的沉积建造均发生不同程度的区域变质作用。印支造山作用奠定了本区基本构造格局;

中生代中晚期至新生代为燕山-喜马拉雅期陆内造山运动阶段。以古亚洲构造域为主体, 特提斯-喜马拉雅构造域和西滨太平洋构造域对其叠加、改造和复合, 西秦岭山系急剧隆升, 岩石圈处于强应变状态, 构造运动以陆内推覆、走滑剪切和断隆、断拗为主, 构成现今构造格局和地质、地貌景观;

燕山早期, 由于印支造山期后的应力松弛, 地壳由印支期的挤压收缩状态转为拉张伸展状态, 岩