

文章编号: 1009-6248(2006)02-0156-23

秦岭成矿带成矿特征和找矿方向

姚书振^{1,2}, 周宗桂², 吕新彪^{1,2}, 陈守余^{1,2}, 丁振举², 王苹²

(1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北 武汉 430074;

2. 中国地质大学(武汉)资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 秦岭成矿带是我国有色、贵金属工业的重要矿产资源基地, 也是最具成矿潜力和找矿远景的地区之一。近年的综合研究工作表明, 秦岭造山带是一个多旋回复合大陆碰撞造山带, 自太古代以来经历了多种构造体制的转化和多期构造热事件发生, 伴随有多个构造成矿旋回, 所形成的含矿建造、成矿作用及矿床组合具有多样性。根据成矿时代、构造、建造、成矿作用及矿床组合特征分析, 认为秦岭造山带铜、钼、铅、锌、银、金、汞、锑等内生金属矿床主要受7个主要的成矿系统控制, 形成了18个主要成矿系列, 并对各成矿系列及其典型矿床的地质特征和近几年找矿新发现进行了系统的论述, 建立了铜、金、铅、锌、银等矿床系列的区域成矿模式。对区域优势矿种的成矿谱系研究表明, 本区成矿在时间演化上表现出明显多旋回性、继承性、新生性和叠加性特征, 华力西期与印支末-燕山期是成矿大爆发期, 最有利于大型超大型矿床形成; 在空间分布上, 具有明显的侧向和垂向分带性。在此基础上, 对秦岭成矿带的成矿潜力及成矿远景区进行了评价和划分, 指出秦岭地区热水喷流沉积型与密西西比型铅锌银矿床、微细浸染型与石英脉构造蚀变岩型金矿床、斑岩型钼铜矿床及低温热液型汞锑矿床等具有很大的找矿前景。并划分出5个区域成矿远景带和17个重要成矿预测区。

关键词: 成矿系统; 成矿系列; 成矿谱系; 成矿模式; 成矿潜力; 成矿远景区; 秦岭造山带

中图分类号: P612 **文献标识码:** A

秦岭成矿带位于秦-祁-昆成矿域的东段, 地跨青海、甘肃、陕西、河南、湖北五省, 北起兴海、共和、天水、宝鸡、西安、栾川、驻马店、信阳, 南到广济、襄樊、房县、略阳、玛沁一带。秦岭成矿带是我国有色、贵金属工业的重要矿产资源基地。秦岭造山带以宝鸡-洛南-栾川-方城断裂、商丹主缝合带和勉略带-大巴山弧形断裂为界, 自北而南依次划分为: 华北陆块南缘、北秦岭、南秦岭和扬子陆块北缘四个构造单元。区域成矿具有多样性, 现已查明矿产100余种, 已发现金属矿床数百处, 在已探明的矿床中, 金、铅、锌、银、铜、汞、锑等矿种具有比较明显的优势。近年的地质综合研究与矿产勘

查工作表明, 秦岭成矿带仍是我国最具成矿潜力和找矿远景的地区之一。

1 成矿地质背景

1.1 区域成矿背景

秦岭造山带以商丹带和勉略两条古蛇绿构造混杂岩带, 将秦岭划分为华北板块、秦岭微板块和扬子板块(张国伟等, 1996, 1997)。商丹蛇绿岩带和勉略蛇绿岩带分别代表秦岭自新元古代和泥盆纪发展起来的两个有限洋盆。中生代以来, 秦岭受到东部环太平洋构造域、西部阿尔卑斯-喜马拉雅构造域

收稿日期: 2005-02-18; 修回日期: 2005-06-12

基金项目: 中国地质调查局综合研究项目(200110200015, 200310200040)

作者简介: 姚书振(1947-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学和区域矿产资源预测评价研究。通信地址: 430074,

武汉鲁磨路388号, 中国地质大学; 电话: 02767883968; Email: szyao@cug.edu.cn

的作用, 在东西方向发生分异, 自东向西依次出露了不同的构造层次, 而在南北方向上则由于受到持

续的侧向挤压, 构造剖面呈现为北翼窄而陡、南翼宽而缓的不对称扇形岩片叠置结构 (图1)。

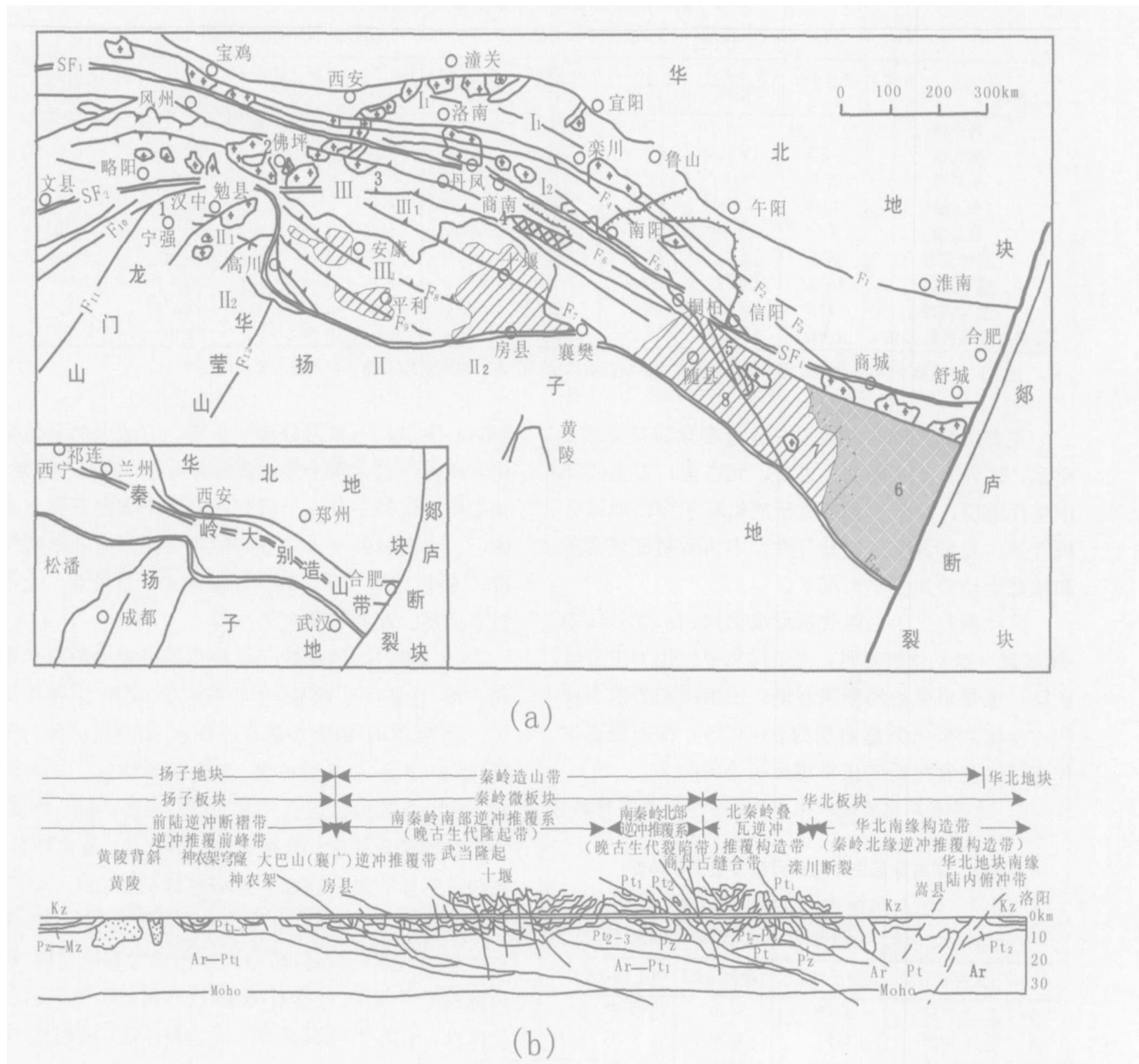


图1 秦岭造山带主要构造单元及主要剖面图

Fig. 1 The main tectonic units and the section views in Qinling orogen (After Zhang Guowei, etc.)

(据张国伟等, 1996)

1. 华北板块南部 (NC): I₁. 造山带后陆冲断带; I₂. 北秦岭厚皮叠瓦逆冲构造带; II. 扬子板块北缘 (YZ): II₁. 造山带前陆冲断带; II₂. 巴山-大别山南鹿巨型逆冲推覆前锋逆冲带; III. 秦岭微板块 (QL): III₁. 南秦岭北部晚古生代断陷带; III₂. 南秦岭南部晚古生代隆升带。SF₁. 商丹缝合带; SF₂. 勉略缝合带

1.2 成矿地球化学背景

1.2.1 主要成矿元素区域地球化学特征

秦岭地区金、银、铜、铅、锌、钨、钼、铋、汞等主要成矿元素区域含量变化特征见表1。9个元素

背景含量接近秦巴大区, 除W、Mo、Sb 变异性系数小于100 外, 其他成矿元素变异性系数均较大, 其中Hg、Ag、Pb、Zn 变异性系数大于1 000, 相对浓集系数较大的元素是Au、Hg、Sb、W、Mo、Pb、Ag,

在背景场上有较强的叠加, 并且属极强分异的元素, 对富集成矿十分有利。

表1 秦岭地区主要成矿元素区域含量变化特征

Tab. 1 The areal contents characteristics of the major ore-forming elements in Qinling

指标 \ w (元素)	w (Au) 10 ⁻⁹	w (Ag) 10 ⁻⁹	w (Cu) 10 ⁻⁶	w (Pb) 10 ⁻⁶	w (Zn) 10 ⁻⁶	w (W) 10 ⁻⁶	w (Mo) 10 ⁻⁶	w (Hg) 10 ⁻⁹	w (Sb) 10 ⁻⁶
极小值	0.04	0.10	0.30	0.10	0.10	0.03	0.00	0.10	0.01
极大值	1 875	13 083	2 948	5 397	12 500	750	1 223	582 000	994
平均值	2.36	99.96	26.96	30.64	87.63	2.28	0.97	75.25	1.41
中值	1.40	80.00	25.20	26.88	79.80	2.00	0.50	36.96	0.98
背景值	0.97	63.00	20.20	20.51	62.50	1.68	0.33	20.00	0.71
标准误差	0.05	0.54	0.08	0.17	0.33	0.02	0.02	9.58	0.04
标准偏差	13.37	135.64	19.46	43.09	83.15	3.92	5.85	2 398.16	9.56
变异系数	179	18 399	379	1 856	6 914	15	34	5 751 161	91
最大浓集系数K 值	1 933	207.67	145.94	263.14	200.00	446.42	727.98	29 100	1 400

注: 1. 样本数 62 723 个; 2. 背景值为剔除异常值后计算结果; 3. 最大浓集系数K 值为极大值与背景值之比。

主要成矿元素在各地层中含量变化特征见表 2 所示, 区内主要出露的太古宙、元古宙、古生代和中生代地层, 背景含量接近于或略高于秦巴地区区域背景, 局部具有很强的分异性, 多为后期区域变质和构造运动叠加富集而成矿。

统计研究区不同时代所形成的铜、金、铅、锌、汞-锑矿床(点)总数表明, 古生代和中生代为主要成矿期, 也是岩浆活动频繁时期, 所出露的岩浆岩面积占全区岩浆出露总面积的 83.52%, 特别是古生代志留、泥盆纪是矿化富集最主要的时期。

1.2.2 主要成矿元素地球化学块体分布与异常特征

表2 秦岭地区主要成矿元素背景变化特征

Tab. 2 The variety characteristics of the major ore-forming elements background in Qinling area

元素	太古宇 (K)	元古宇 (K)	古生界 (K)	中生界 (K)
Au	3.78	1.16	1.06	1.04
Ag	1.26	0.91	1.09	0.94
Cu	1.11	1.28	1.02	0.90
Pb	1.68	1.01	0.97	0.94
Zn	1.0	1.02	1.01	0.82
Sb	0.79	0.96	1.16	1.31
W	1.5	0.97	1.02	0.99

注: K 为各地层单元主要元素的平均含量/秦巴地区全区元素的平均含量。

(1) 金: 金的地球化学块体主要有小秦岭地区的卢氏-栾川块体区、潼关-洛南块体区、柞水-周至块体区、太白-凤县-礼县块体区、勉略宁块体区、文县-康县-广元-平武-松潘-黑水块体区、夏河-临潭块体区。金元素地球化学异常表现为异常数量多、浓

集中心突出, 不均匀分布于全区, 一般大的金地球化学块体中包含多个金元素地球化学“指纹”异常。其主要异常集中分布于研究区的 3 个大的断裂密集带上。全区控制金异常分布的主要因素有: 断裂构造、脆-韧性剪切带、燕山期花岗岩、古隆起、元古宙老地层、断裂+黑色岩系等。

(2) 银: 银的地球化学块体多呈宏大的面式带状分布, 浓集中心明显, 主要有卢氏-栾川-南召块体区、潼关-洛南-商南块体区、柞水-周至块体区、宁陕-留坝-凤县-成县块体区、勉略康块体区、文县-武都-舟曲-迭部块体区、开县-万源-西乡-旬阳-竹溪-神农架面状块体区。银异常多呈指纹状、带状分布, 其与早古生代黑色岩系和断裂热液活动有关; 北部的局部异常与金、铜、铅等元素异常同地段分布, 多与矿化热液活动有关。研究区的银异常普遍偏弱, 银的地球化学块体主要有万源-西乡-竹溪-镇平面状块体区、山阳-柞水块体区、周至块体区、勉略宁-文县块体区。

(3) 铜: 铜异常受沉积-火山岩建造、黑色岩系、基性-超基性岩以及岩浆期后热液活动控制。沉积-火山岩建造地层分布区为高背景或面式带状弱异常; 南秦岭造山带的寒武系—奥陶系和志留系下古生界黑色岩系分布区, 铜表现出高背景分布。基性、超基性岩和基性成分高的中酸性岩体出露区, 铜多与铬、镍、钴、钒等铁族元素一起形成高背景或弱异常。有岩浆期后热液活动的地区(中酸性小岩体部位)铜与银、铅、锌、钨、铋等元素形成同位的局部异常, 是寻找铜多金属矿的重要标志。

(4) 铅: 铅的地球化学块体主要分布在北带的南召—栾川—渭南、柞水—周至、凤县—成县一带和研究区西南角一带。铅异常主要发育在中秦岭、北秦岭区泥盆系分布区和中酸性岩浆岩分布区。在地层中, 铅绝大多数与银、金、铜、锌、砷、锑为伴, 反映了典型的多金属矿化元素组合。故此, 它不仅是多金属矿的主要成矿元素, 而且是贵金属、铜、钨、钼等矿的重要指示元素。

(5) 锌: 锌在南秦岭开县—万源—西乡—旬阳—竹溪—神农架一带的下古生界分布区呈现宏大的高背景块体和异常, 多与地层有关。在小秦岭、成县、勉略宁、文县—松潘等其他地段与多金属成矿元素同位富集, 多与矿化有关。

(6) 锑、汞、砷: 锑与砷、汞一般为正相关, 3种元素高背景或异常多数分布在同一地段, 多富集于正常沉积盆地、断裂构造发育区(远离大岩体)及黑色岩系分布区。

1.2.3 成矿元素组合异常

依据区内62 723个样点相关聚类分析表明, 主要成矿元素可以分为Cu、Pb、Zn、Au、Ag、W、Mo和Hg、Sb两大组合系列, 可能形成相应的组合异常, 其中Cu、Pb、Zn、Ag关系最为密切。本区成矿元素主要有Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、W、Sn、Mo等, 受地质作用影响, 其组合与分布有较强的规律性, 主要地球化学组合异常具有3类。

(1) 以Cu、Pb、Zn、Ag为主的组合异常: 其分布比较零星, 沿合作—礼县褶皱带断续分布, 异常强度较弱, 规模较小, 元素组合较简单, 主要为Cu、Pb、Zn、Au、Ag等元素。以Pb、Zn、Ag、Cd、Au、Sb为主的组合异常强度高, 规模较大, 由西向东分段集中于甘肃西和—成县及陕西凤县—太白等地区, 与相应矿产地吻合程度较高。

(2) 以Au、Hg、Sb为主的组合异常: 其主要位于中、南秦岭及文县—康县断裂带上, 空间上异常呈群和带状分布, 金异常与地层的联系不甚密切, 元素组合随地区岩浆活动和矿床类型的不同而不同。Au、Hg、Sb三元素组合也是构成中国西部重要的地球化学块体。

(3) 以W、Sn、Mo为主的组合异常: 其集中分布于花岗岩类出露区。以强度高, 规模大, 元素组合复杂为特征, 以W、Sn、Mo、Pb、Zn、Cu、As、Cd等元素为主。

2 主要成矿系统及成矿系列

秦岭造山带是我国有色、贵金属工业的重要矿产资源基地, 也是我国最具成矿潜力和找矿远景的地区之一, 已发现众多的铜、钼、铅、锌、银、金、汞、锑、铀等金属及非金属矿床。近年来的研究表明(姚书振等, 1999, 2002), 秦岭造山带是一个多旋回复合大陆碰撞造山带。根据构造、建造、成矿作用及矿床组合特征分析, 秦岭造山带及邻区内生金属矿床主要受表3中几个主要的成矿系统控制。这些不同的成矿系统对矿床类型有选择, 在成矿时间和作用强度上有变化、空间上有重叠, 显示复合成矿的特点。其中, 、 、 、 、 成矿系统最重要, 秦岭绝大多数大型—超大型矿床形成与之有关。根据成矿时代、成矿构造背景、矿石建造和成矿作用, 将秦岭地区主要的铜、钼、铅、锌、银、金、汞、锑等矿床划分为18个主要成矿系列。

2.1 以铜为主的成矿系列(1~4)

(1) 中新元古代海底火山喷流沉积(VHMS)型铜矿成矿系列: 筏子坝铜矿、大茅坪铜矿、铜矿坡铜(钴)、商州龙庙铜矿等。

(2) 与早古生代岛弧火山岩浆侵入作用有关铜矿成矿系列: 铜厂铜铁矿等。

(3) 华力西期海底热水喷流沉积(SEDEX)型铜矿成矿系列: 穆家庄铜矿等。

(4) 华力西期岩浆型铜矿成矿系列: 青海玛沁县德尔尼铜矿等。

2.2 以钼为主的成矿系列(5)

(5) 印支期—燕山期斑岩—矽卡岩型钼(铜)矿成矿系列: 金堆城、温泉、南泥湖钼(铜)矿等。

2.3 以铅锌银为主的成矿系列(6~11)

(6) 中新元古代弧后盆地火山喷流沉积(VHMS)-改造型铅锌银矿成矿系列: 河南破山银多金属矿、铁炉坪银铅矿、嵩坪沟银铅矿等, 湖北洞沟银(金)矿, 陕西东沟坝金银多金属矿床、二里坝硫铁矿, 甘肃柳梢沟银多金属矿床等。

(7) 震旦系碳酸盐岩建造中沉积-改造(MVT)型铅锌矿成矿系列: 楠木树、九道拐、白鸡河铅锌矿等。

(8) 早古生代弧后海底火山喷流沉积(VHMS)型铅锌银矿成矿系列: 刘山岩等铜锌矿、破山银矿、老湾金矿等。

表 3 秦岭造山带及邻区区域金属成矿系统

Tab. 3 The regional mineralogical systems in Qinling and its neighbouring areas

成矿系统类型	构造环境	容矿岩石	成矿系列	成矿元素	典型矿床
太古代海底火山-沉积成矿系统 (1)	华北、扬子地块边缘	太华群、鱼洞子群变质岩	BIF 型铁成矿系列; 金预富集	Fe、Ti、V 等	鱼洞子铁矿、经山寺铁矿、铁山铁矿等
中新元古与海底、岛弧火山及岩浆侵入活动有关的成矿系统 (2)	与海底火山喷流沉积作用有关的成矿亚系统	北秦岭中新元古代裂陷槽、南秦岭裂谷-有限洋盆	VHMS 型铜及多金属成矿系列; 银多金属成矿系列	Cu、Zn、Pb、Au、Ag 等	筏子坝铜矿、铜矿坡铜(钴)、商州龙庙铜矿等、银洞内银矿等
	与海底基性-超基性岩浆作用有关的成矿亚系统	蛇绿构造混杂岩带	岩浆型镍、铬成矿系列	Ni、Cr、Cu、Fe 等	松树沟铬铁矿、煎茶岭镍矿等
震旦纪与碳酸盐岩有关的成矿系统 (3)	与岛弧火山喷流沉积及岩浆侵入作用有关的成矿亚系统	碧口地块内部东沟坝岛弧带	岩浆热液铁-铜成矿系列	Cu、Fe	铜厂铜铁矿等
	被动大陆边缘碳酸盐岩台地	石英闪长岩与围岩的接触带 豆坝群酸性火山岩	黑矿型铅锌银成矿系列	Pb、Zn、Au、Ag、Cu、S、Ba	东沟坝多金属矿、二里坝硫铁矿等
早古生代与海相火山热液作用有关的成矿系统 (4)	北秦岭二郎坪弧后盆地	灯影组白云岩	MVT 型成矿系列	Zn、Pb、Ba	楠木树、九道拐铅锌矿等
	与海底热水-沉积作用有关的成矿亚系统	寒武系碳硅泥岩建造	VHMS 型铜锌多金属成矿系列、层控型金银成矿系列	Zn、Pb、Cu、Au、Ag、Fe	刘山岩铜锌矿等破山银矿、老湾金矿等
华力西期与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统 (5)	南秦岭早古生代被动陆缘裂陷槽	志留系碎屑岩建造	金、铀等元素预富集	Au、U、铂族元素	拉儿玛、邓莫金矿等
	与海底热水喷流沉积作用有关的成矿亚系统	泥盆系细碎屑岩、碳酸盐岩和热水沉积岩	SEDEX 型铅锌成矿系列	Zn、Pb、Ag、Au	南沙沟、酒人沟铅锌矿等
中生代与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统 (6)	秦岭南秦岭克拉通内断陷盆地	泥盆系细碎屑岩、碳酸盐岩和热水沉积岩	SEDEX 型铅锌(铜)成矿系列、沉积-改造多金属成矿系列; 金预富集	Pb、Zn、Cu、Fe (Au、Ag、Hg、Sb)	厂坝-李家沟铅锌矿等、大西沟铁矿等、八卦庙金矿等
	与海底基性-超基性岩浆作用有关的成矿亚系统	蚀变的基性-超基性岩、蚀变的超基性岩	岩浆型铬成矿系列、岩浆熔离-火山热液过渡型铜成矿系列	Cr、Cu、Co、Zn	三岔子、鞏子山铬铁矿等、青海玛沁县德尼尼铜矿等
印支期与浊积岩系有关的成矿系统 (7)	南秦岭三叠纪裂陷盆地	细碎屑岩、碳酸盐岩	金等元素的预富集	Au、Ag、Hg、Sb	马脑壳金矿等
中生代与碰撞造山及陆内构造-岩浆活动有关的热液矿床 (8)	陆内构造-岩浆活动带	碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩、变质岩	微细浸染型、石英脉及蚀变型金成矿系列、热液型汞成矿系列、斑岩型铜(钼)银及多金属成矿系列等	Au、Ag、Pb、Zn、Hg、Sb、W、Mo、Cu 等	马鞍山、大水金矿等、双王、老湾、上官金矿等、公招汞矿、卢氏大河沟银矿等、南泥湖银矿等、板厂银矿等
新生代与河流冲积作用有关的成矿系统等 (8)					

(9) 早古生代陆缘裂陷盆地热水沉积 (SEDEX) 型铅锌矿成矿系列: 南沙沟、泗人沟铅锌矿等。

(10) 华力西期海底热水喷流沉积 (SEDEX) 型铅锌矿成矿系列: 厂坝-李家沟、邓家山、毕家山等铅锌矿、大西沟等铁矿。

(11) 印支期—燕山期斑岩-热液型银铅锌矿成矿系列: 内乡板厂端园银多金属矿等。

2.4 以金为主的成矿系列 (12~14)

(12) 印支期—燕山期热液型金多金属矿成矿系列: 如文峪、东闯、煎茶岭、拉儿玛、邛莫、鹿儿坝、李坝、马鞍桥、八卦庙、庞家河、大水、双王、皇城山等。

(13) 喜马拉雅期冲积型砂金矿成矿系列。

2.5 以汞锑为主的成矿系列

(14) 印支期—燕山期低温热液型汞锑矿成矿系列: 公馆汞锑矿、崖湾锑矿、卢氏大河沟锑矿等。

2.6 以铬镍为主的成矿系列 (15~16)

(15) 中新元古代岩浆型铬镍矿成矿系列: 松树沟铬铁矿、煎茶岭镍矿等。

(16) 华力西期岩浆型铬成矿系列: 三岔子、鞍子山铬矿等。

2.7 以铁为主的成矿系列 (17~18)

(17) 太古宙BIF型铁矿成矿系列: 鱼洞子铁矿、经山寺铁矿、铁山铁矿等。

(18) 华力西期海底热水喷流沉积 (SEDEX) 型铁矿成矿系列: 大西沟铁矿等。

3 典型矿床及找矿新发现

秦岭造山带矿产种类和矿床类型众多, 笔者仅重点介绍铜、金、铅、锌、银等具有较大找矿潜力的矿床类型。

3.1 铜矿床

3.1.1 典型矿床特征及找矿新发现

秦岭成矿带发育有岩浆热液型铜矿 (铜厂)、岩浆型铜矿 (德尔尼) 及斑岩型铜 (钼) 矿 (秋树湾) 等。地质大调查以来, 又新发现筏子坝、大茅坪等海底火喷流沉积 (VHMS) 型铜矿、穆家庄海底热水喷流沉积 (SEDEX) 型铜矿。其中, 碧口地体中新元古代与海底、岛弧火山及岩浆侵入活动有关的成矿系统所形成的铜多金属矿床颇具特色, 并具有一定的找矿

潜力 (周宗桂等, 2002)。代表性的矿床及其特征见表4。

3.1.2 碧口地体铜多金属矿床成矿模式

中新元古代海底火山喷流沉积铜多金属矿床主要分布在陕西勉略宁和甘肃碧口地区, 根据矿床的成矿构造-岩石环境、成矿演化的特点及矿床在时间、空间和成因上的联系, 可分为两个成矿亚系列:

裂谷-洋盆铜 (锌) 成矿亚系列。岛弧铜多金属成矿亚系列, 其主要特征见表5。

本区铜多金属矿的形成及空间展布与碧口裂陷、东沟坝岛弧环境关系密切, 形成了从裂谷-洋盆到岛弧带比较完整的盆-弧成矿系统 (图2)。

3.2 金矿床

3.2.1 典型矿床特征及找矿新发现

秦岭成矿带是我国金矿的富集带。继大型石英脉型、构造蚀变岩型、角砾岩型金矿勘查开发之后, 近十年来, 在秦岭, 尤其是在以前研究程度较低的西秦岭地区, 又发现了许多大型微细浸染型与构造蚀变岩型金矿, 如大水、鹿儿坝、李坝、早子沟、阳山、煎茶岭等。现已发现了上百个有重要经济价值的大、中、小型金及金-多金属矿床, 以及数量更多的矿点和矿化点, 使其成为我国重要的金矿资源基地。纵观秦岭地区内生金矿床形成的主体地质作用成矿空间域和时间域, 可以看出, 最重要的金成矿作用都与印支期末—燕山期秦岭陆内造山运动中的构造-岩浆-热液流体作用有密切关系, 最重要的工业矿体形成时间也主要集中在印支期末—燕山期 (210~90Ma)。因此, 可以将秦岭成矿带中内生金矿床成矿系列都归为与陆内造山过程中构造-岩浆-热液作用有关的金矿成矿系列。此外, 与第四纪沉积和风化作用有关的砂金矿可单独划分为一个成矿系列。本项目重点研究内生金矿成矿系列, 它包括6个主要类型。

(1) 石英脉型金矿床: 如文峪、杨柴峪、老鸦岔、东闯、四范沟、金碛岔、柴家庄、高庄等。

(2) 构造蚀变岩型金矿床: 如煎茶岭、铔厂沟、上宫等。

(3) 微细浸染型 (卡林型) 金矿床: 如拉日玛、邛莫、大水、鹿儿坝、李坝、早子沟、联合村、马鞍桥、八卦庙、安家岔、庞家河等。

(4) 角砾岩型金矿床: 如祁雨沟、雷门沟、双王、二台子等。

表 4 秦岭南带典型铜矿床特征

Tab. 4 The characteristics of the typical copper deposits in Qinling area

矿床名称	赋矿地层时代	容矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
文县坝铜矿床	P _{t2}	碧口群峨边组细碧岩、绿片岩夹碧玉条带或磁铁矿英岩及酸性火山岩	大陆边缘裂谷-有限洋盆环境; 脆-韧性剪切带、层间断裂		矿体直接产于层状富铁硅岩中, 呈似层状、透镜状, 与变火山岩产状一致	矿石发育条带状、块状、浸染状、脉状构造, 金属矿物主要是磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿、斑铜矿	硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化	海底火山喷流-改造型	中元古代
康县阳坝铜矿床	P _{t2}	碧口群阳坝组细碧岩、细碧角闪岩、凝灰岩及磁铁矿英岩(碧玉)岩	大陆边缘裂谷-有限洋盆环境; 脆-韧性剪切带、层间断裂		呈似层状、透镜状产于磁铁矿玉岩中, 少数产于细碧角闪岩中	矿石发育条带状、块状、浸染状、脉状构造, 金属矿物主要是磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿、斑铜矿	硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化	海底火山喷流-改造型	中元古代
宁强茅坪铜矿床	P _{t2}	碧口群白水街组细碧岩夹角闪岩、石英角闪岩、凝灰岩及磁铁矿英岩(绿泥绿帘石岩、绢云绿帘片岩)	大陆边缘裂谷-有限洋盆环境; 脆-韧性剪切带、层间断裂		呈似层状、透镜状产于绿泥绿帘石岩及磁铁矿玉岩中, 少数产于细碧角闪岩中	矿石发育条带状、块状、浸染状、脉状构造, 金属矿物主要是磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿、斑铜矿	硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化	海底火山喷流-改造型	中元古代
略阳铜厂铜矿床	P _{t3}	矿区出露一套火山-沉积地层建造, 下部以基性火山岩为主, 上部以酸性火山岩为主, 顶部为正常的沉积岩系	发育有NEE、NWW、NE向断裂构造, 其中NEE向断裂控制明显	石英闪长岩、辉绿岩、辉绿岩脉	铜矿体主要位于石英闪长岩体的内外接触带及断裂破碎带中, 矿体呈脉状、平行脉状	金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、辉铜矿、方铅矿、磁黄铁矿、毒砂等, 块状、角砾状、脉状、网脉状等构造	硅化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化等	岛弧岩浆期后热液型	新元古代
南召水洞岭铜矿床	P _{z1}	二峨群群海相火山岩、角闪岩、石英角闪岩及相应的凝灰岩	青山倒转复式向斜, 转折端、NW、NE及的EW向断裂构造	石英钠长斑岩、钠长斑岩、辉绿岩	主要矿体呈层状、似层状赋存于石英角闪岩与石英角闪岩接触部位的重晶石层下盘	主要金属矿物有: 闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿, 其次是磁铁矿、斑铜矿、辉铜矿、蓝铜矿、赤铜矿及自然铜、磁黄铁矿等	硅化、绢云母化、绿泥石化、重晶石化、金云母化及钠长石化、石榴子石化、金红石化	火山喷流-改造型	早古生代
柞水寨子铜矿床	D ₂	中泥盆统大西沟组的粉砂质千枚岩、粉砂质白云岩、白云质粉砂岩及白云质千枚岩	红岩寺-黑山街复式向斜南翼, NWW向破碎带、NNW-NNW向及SN向断层	矿区以东地石英闪长岩、花岗闪长岩发育	矿体呈似层状或脉状分布在片理化破碎带中, 产状与构造带一致	金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、斑铜矿等, 脉石矿物为白云石、石英、方解石等	硅化、铁白云石化、绿泥石化和黑云母化等	热水喷流-改造型	华力西期

续表 4

矿床名称	赋矿地层时代	岩矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
玛沁 德尔尼铜矿床	C-P	上石炭统大理岩、角闪岩、片岩; 下二叠统千枚状板岩、凝灰质板岩、安山岩、英安岩	积石山断裂带	顺层侵入辉橄岩、橄辉岩、纯橄岩、辉石岩	矿体产于超镁铁岩中, 为似层状和透镜状	主要矿物是黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、磁铁矿、脉石矿物以方解石、白云石为主	碳酸盐化、蛇纹石化、滑石化、绿泥石化、帘石化和硅化等	岩浆熔离型	华力西期
镇平 秋树湾铜矿床	P ₁	秦岭群大理岩、斜长角闪片岩、云母石英片岩	商丹断裂带北侧 NW 向逆冲断裂	花岗闪长斑岩体	矿体赋存于花岗岩闪长斑岩体与秦岭群长英岩体接触带中, 呈似层状和透镜状	矿石矿物主要有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、及闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿等, 块状、细脉浸染状构造	硅化、青盘岩化、矽卡岩化、绢云母化和碳酸盐化等	岩浆热液型	燕山期

表 5 铜多金属矿床成矿系列特征

Tab. 5 The characteristics of the minerogenetic series of the copper polymetal ore deposits

成矿系列	矿床类型	构造背景	赋矿建造	成矿元素	主要矿物组合	成矿温度 ℃	成矿年龄 Ma	成矿作用	实 例
裂谷-洋盆 铜矿床系列	裂谷-洋盆 喷流沉积-改造型铜矿床	大陆边缘裂谷-有隙洋盆	中元古代碧口群火山沉积岩	Cu、(Zn、Co、Au)	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、闪锌矿	104~416	1 209; 342~347	火山喷流沉积作用, 构造-流体改造作用	大茅坪、筏子坝、阳坝、银厂沟
岛弧铜多金属矿床 更系列	岛弧初始裂谷喷流沉积-改造型铜及多金属矿床	岛弧初始裂谷	新元古代豆坝群火山沉积岩	Pb、Zn、Au、Ag、Cu、S	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、重晶石、金银矿	185~263	953~1 305	喷流沉积作用, 构造-流体改造作用	东沟坝、陈家坝、红土石、二里坝
	岛弧侵入岩浆热液型铜矿床	岛弧岩浆活动	石英闪长岩	Cu、(Au)	黄铜矿、黄铁矿	190~330	889; 188	岩浆热液充填交代作用, 构造流体改造	铜 厂

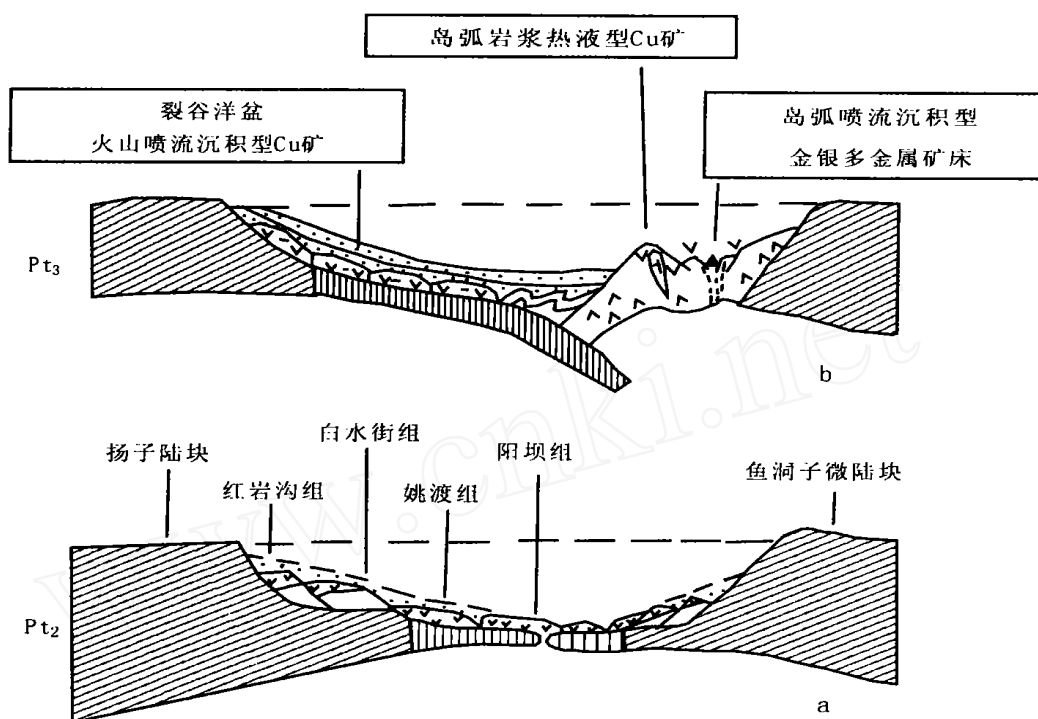


图2 碧口地体铜多金属矿床区域成矿模式

Fig. 2 The regional metallogenic model of the Cu polymetal ore deposits in Bikou terrane

a. 裂谷-洋盆火山喷流沉积成矿; b. 岛弧侵入岩浆及弧后初始裂谷成矿

(5) 矽卡岩型金矿床: 如阿西等。

(6) 火山岩型金银矿床: 如皇城山等。

代表性的矿床及其特征见表6。其中, 微细浸染型(卡林型)金矿床、构造蚀变岩型金矿床尚具有较大的找矿潜力。

3.2.2 秦岭内生金矿成矿模式

秦岭地区内生金矿床有石英脉型、构造蚀变岩型及微细浸染型、角砾岩型、矽卡岩型、火山岩型等。他们虽然产出状态及矿石建造不同, 但都形成于印支期—燕山期, 成矿作用都与印支期末—燕山期秦岭陆内造山运动中的构造-岩浆-热液流体作用有密切关系, 成矿流体主要是下渗循环大气水与岩浆水的混合热液, 有环绕印支期—燕山期隐伏岩基或大岩体外围分布的特点(图3)。

从区域成矿场及地质异常场的结构看, 显示出矿床产出有环绕岩体在垂向上呈带状分布的趋势。进一步深入研究区内热液型金矿成矿系列的垂向分带性及其剥蚀程度, 对深部找矿工作有很重要的指导意义。

3.3 铅锌银矿床

3.3.1 典型矿床特征及找矿新发现

秦岭是我国大型、超大型铅锌银矿床富集区, 矿床类型较多, 代表性的矿床特征见表7。根据成矿构造背景、含矿建造和成矿时代, 将秦岭地区铅锌矿床划分为6个成矿系列。

(1) 中新元古代岛弧火山喷流沉积型(VHMS)铅锌矿成矿系列。

(2) 震旦系MVT型铅锌矿成矿系列。

(3) 早古生代弧后海底火山喷流沉积型(VHMS)铅锌矿成矿系列。

(4) 古生代陆缘裂陷盆地热水喷流沉积型(SEDEX)铅锌矿成矿系列。

(5) 华力西期海底热水喷流沉积型(SEDEX)铅锌矿成矿系列。

(6) 印支期—燕山期斑岩-热液型银铅锌矿成矿系列。

其中, 中新元古代岛弧火山喷流沉积型(VHMS)铅锌矿成矿系列前已述及, 本节着重介绍SEDEX型、MVT型和斑岩型铅锌银矿床。

3.3.1.1 热水喷流沉积型(SEDEX)铅锌矿床

表6 秦岭造山带典型金矿床特征

Tab. 6 The characteristics of the typical gold deposits in Qinling area

矿床名称	赋矿地层时代	容矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
华阴文峪金矿床	Ar	斜长角闪岩、斜长片麻岩、黑云母斜长片麻岩、混合岩、石英岩、变粒岩和大理岩等	近东西向压扭性断裂、北北东向张扭性断裂、北北西向压扭性断裂	辉绿岩为主，次为伟晶岩	金矿体主要赋存在规模大小不等的石英脉体中	主要有方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、少量白钨及黑钨矿，矿石类型为金-多金属硫化物型和金-黄铁矿型	绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、黑云母化、硅化、钾长石化、绿泥石化等	石英脉型	燕山期
华阴葫芦沟金矿床	Ar	细粒黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩	北东—北东东向韧性剪切构造带是主要的控矿构造	正长斑岩、闪长斑岩、辉绿岩和煌斑岩	金矿体产出于构造破碎带内，形状多为脉状、透镜状	以自然金-黄铁矿-铜-长石-蚀变岩型矿石为主，次有石英脉型、蚀变辉绿岩型	硅化、钾化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化及绿泥石化	构造蚀变岩型	印支期—燕山期
略阳煎茶岭金矿床	Z	蚀变白云岩为主的碳酸盐岩	区域性北西向断裂构造带及其次级剪切破碎带，岩脉(体)与围岩接触带构造	超基性岩和印支期—燕山期闪长岩类	产于超基性岩与白云岩接触带上，矿体呈脉状、透镜状	石英-黄铁矿-含砷黄铁矿-白铁矿-磁黄铁矿	硅化、黄铁矿化、绿帘石化、铁白云石化、碳酸盐岩化等为主	构造蚀变岩型	印支晚期—燕山早期
洛宁上宫金矿床	P _{T2-3}	基性—中基性火山岩(安山岩、玄武岩、英安岩、流纹岩、英安岩、凝灰岩和少量火山角砾岩等)	北东—南西向断裂构造带	二长花岗岩、辉绿岩、石英岩、二长岩、霏细岩	金矿体主要赋存于构造蚀变带中，矿体形态、产状与含金蚀变构造带的形态基本相似，一般为薄板状、透镜状、豆荚状、脉状等	角闪岩型、蚀变岩型、黄铁矿、铁白云石、绢云母、石英、绿泥石及金矿物、磷化物等构成	硅化、绢云母化、碳酸盐化和黄铁矿化	构造蚀变岩型	燕山期
武山柴家庄金矿床	Z-O	李子园群变质海相火山-沉积岩系，火山岩为基性—酸性岩	NNE和NW向断裂破碎带	二长花岗岩	矿体产于断裂破碎带中，多呈脉状、透镜状，由单脉或复脉带组成	金-石英-硫化物	黄铁矿化、硅化、绢云母化、黄铜矿化、碳酸盐化和高岭土化	石英脉型	印支晚期—燕山早期
桐柏银洞坡	P _{Z1}	变质火山-沉积碎屑岩系(变粒岩及斜长角闪片岩、石英片岩)	区域性褶皱和断裂构造及其次级破碎带、韧性剪切带或剪切断层	燕山期似斑状花岗岩，加里东期—华力西期花岗岩、石英岩、闪长岩、辉绿岩、超基性岩、煌斑岩	矿体受构造和岩性控制，呈似层状、透镜状及脉状，其产状和背斜形态一致	矿石以自然金、银金矿为主，硫化物以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿为主，其他矿物有石英、绢云母、长石、绿泥石等	硅化、绢云母化、碳酸盐化，其次是高岭土化、褐铁矿化及黄钾铁矾化	构造蚀变岩型	燕山期
拉耳玛金矿床	Є	热水沉积硅质岩、硅质板岩及碳酸盐岩等	区域近东西向逆冲推覆构造带与次级雁列式斜向断裂复合构造	少量燕山期、喜馬拉雅期类安山岩	沿切层断裂发育，主矿体形态为扁豆状、平行枝状	石英-黄铁矿-砂-辉钨矿-辰砂-灰锑汞矿-贱金属硫化物-重晶石-自然金	硅化、黄铁矿化、重晶石化等为主	微细浸染型	燕山—喜馬拉雅期

续表 6

矿床名称	赋矿地层时代	容矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
凤县八卦庙金矿床	D ₃	钙质砂岩夹碳酸盐岩扁豆体、铁白云质粉砂岩夹少量石英质砂岩	复式倒转向斜、纵向高角度叠瓦式逆冲断裂 NW 向脆-韧性剪切带	长岭细晶岩脉和闪长岩岩脉	矿体一般发育在条带状大理岩化灰岩上，成矿带出现，按其产状可分为：顺层脉、节理脉、裂隙脉	主要脉石矿物是黄铁矿、磁黄铁矿和石英，绢云母和铁菱方解石含量较低	硅化、绢云母化、碳酸盐化为主，次为绿泥石化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、黑云母化、钠长石化、电气石化	构造蚀变岩型	燕山早期
太白双王金矿床	D ₂	碳酸盐硅质岩、千枚状粉砂岩、绿泥钠长片岩、含铁白云岩和重晶石岩及受构造控制的角砾岩	NW—SE 向的复式背、向斜与断裂构造、构造角砾岩带	二长花岗岩、石英闪长岩、花岗岩斑岩、闪长岩、辉绿辉长岩	矿体全部产于围岩角砾岩带中，主矿体总体上为向北陡倾不很规则的厚板状体	金主要含于自然金、银金矿和载金矿物黄铁矿、含铁白云石、褐铁矿之中	钠长石化、碳酸盐化为主	热水沉积-改造型热液金矿床、角砾岩型金矿床	燕山期
礼县李坝金矿床	D ₂	以破碎糜岩为主的类复理石建造，岩性主要为变质细砂岩、粉砂质板岩及绿泥石绢云母板岩等	NW、NE 向断裂破碎带及层间剪切带	二长花岗岩（中川岩体）及煌斑岩	矿体赋存于中川岩体外接触带断裂破碎带中，为脉状、透镜状、分支复合、膨大缩小明显，规模较大	以浸染状构造为主，次有斑点状、脉状、角砾状、条带状构造。金属矿物主要为自然金、黄铁矿、褐铁矿，次为毒砂、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等	黄铁矿化、绢云母化、弱硅化、绢云母化、绿泥石化	微细浸染型	印支晚期-燕山早期
南坪马磨壳金矿床	T ₂	中三叠统油积岩（砂板岩夹少量微晶灰岩、泥灰岩）	褶皱及不同产状和性质的新裂（北西向顺层强剪理面构造破碎带、北北东及近南北向陡倾断裂）	矿区西部有花岗岩脉	金矿化带主要产于马磨壳倒转背斜北翼的北西向顺层强剪理面构造破碎带中，矿体呈层状、似层状、透镜体状顺层产出	矿石类型有蚀变岩型和石英脉型。主要矿石矿物有自然金、黄铁矿、毒砂、辉钨矿、白钨矿以及雄黄、雌黄等	主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化，其次为碳酸盐化及少量绿泥石化	微细浸染型	印支晚期-燕山早期
嵩县祁雨沟金矿床	Ar	太华群石板沟岩组黑云斜长片麻岩、混合岩、斜长片麻岩、闪长岩，其次为熊耳群火山岩、玄武安山岩和火山碎屑岩	背斜与断裂构造（主要有 NW、NE 向，其次为近 EW 向）	燕山期石英钠长斑岩、正长斑岩、碱性正长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、角闪二长花岗岩、闪长岩	矿体产于燧岩角砾岩中，主要含金角砾岩体 7 个，矿体呈透镜状、似板状，剖面上为筒状和漏斗状	金属矿物主要黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、微量辉钨矿、自然金、银金矿、磁黄铁矿、辉钨矿、辉钼矿、斑铜矿	角砾岩体蚀变分带：石英钾长石化带、石英英黑云母化带、青盘岩化带	次火山-角砾岩型	燕山期
罗山皇城山金矿床	K	陈祖组皇城山段火山岩，自下而上为凝灰质粉砂岩、晶屑凝灰岩、熔结碎屑岩等	矿区发育 NE、NNE、NW、NNW 向 4 组断裂构造，前两组是主要的控矿构造	斜长花岗岩、石英斑岩脉	矿体产于石英斑岩脉体内，矿体形态为脉状、透镜状	金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉银矿、金银矿等，脉石矿物以石英为主	主要为硅化和黄铁矿化，次有碳酸盐化、高岭土化和绿泥石化等	陆相火山热液型	燕山期

表7 秦岭造山带典型铅锌银矿床特征

Tab. 7 The characteristics of the typical lead-zinc-silver deposits in Qinling area

矿床名称	赋矿地层时代	容矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
略阳东坝铅锌银矿床	Pt ₃	海相火山-沉积变质岩系, 石英角闪岩、角闪岩、重晶石岩及碳酸盐岩	新元古代岛弧初始裂谷环境; 区域褶皱、层间滑动及片理构造		似层状、透镜状产于石英角闪岩、角闪岩及重晶石岩、白云岩中	金属矿物以闪锌矿、方铅矿、黄铁矿为主, 少量或微量黄铜矿、银金矿、含银黝铜矿、辉银矿、自然银、红锌矿、磁铁矿等; 脉石矿物为石英、白云石、绢云母、绿泥石、碳酸盐等条带状、浸染条带状、似脉状、浸染状、细脉浸染状构造等	以硅化、重晶石化、黄铁矿化、绢云母化为主	海底火山喷流-沉积变质型	新元古代
南郑马元铅锌矿床	Z	灯影组以白云岩为主的碳酸盐岩系, 层状灰岩、厚层白云岩、砾状白云岩、角砾状白云岩、含燧石条带白云岩等	扬子地台北缘、汉南古陆边缘, 层间滑脱构造, 构造角砾岩带		矿体呈层状、似层状、透镜状、脉状	闪锌矿、方铅矿、少量黄铁矿, 白云石、重晶石、石英、萤石、沥青质、角砾状构造为主, 团块状、条带状、细脉状构造	硅化、重晶石化、沥青质化	密西西比型	印支期-燕山期
桐柏刘山岩铅铜矿床	Pz ₁	二郎坪群变质火山岩系, 主要岩性有石英角闪岩、细碧岩、角闪岩、重晶石岩、板岩、大理岩	朱阳关-夏馆断裂带以北, 发育NW向断裂破碎带	花岗岩体及花岗岩、石英斑岩、钠长斑岩和煌斑岩脉	矿体呈脉状、透镜状产于刘山岩组中石英角闪岩中, 矿体产状与围岩基本一致	主要有闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿, 少量斑铜矿、辉银矿; 脉石矿物以绢云母、石英、重晶石为主。块状、浸染状、条带状、细脉状	硅化、重晶石化为主	海底火山喷流-改造型	加里东期
旬阳南沙沟铅锌矿床	S	中志留统双河镇组灰绿-灰色粉砂质千枚岩夹砂岩条带、粉砂岩、中厚层状泥质生物碎屑灰岩等	层间破碎带		矿体呈层状、似层状、透镜状产于粉砂质千枚岩中, 矿体产状与围岩基本一致	矿物成分较简单, 主要为闪锌矿、方铅矿, 其次为黄铁矿, 少量黄铜矿、脉石矿物主要为石英, 其次为绢云母、方解石、白云石, 偶见重晶石。条带状构造为主, 其次有细脉浸染状、脉状、块状构造	围岩蚀变较弱, 有硅化、黄铁矿化、绢云母化	热水喷流沉积-改造型	加里东晚期
成县厂坝李家沟铅锌矿床	D	中泥盆统安家岔组微晶灰岩、大理岩、白云岩及石英黑云母片岩	石峡-江洛断裂和诸关断裂之间, 发育NW、NE向断裂	花岗岩、二长花岗岩及少量脉岩	矿体为层状、似层状、透镜状、脉状产于片岩和灰岩中	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、重晶石等。块状、条带状、斑状构造	绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化	热水喷流沉积型	华力西期

续表 7

矿床名称	赋矿地层时代	容矿岩石类型	控矿构造	侵入岩	矿体特征	矿石特征	围岩蚀变	矿床类型	主成矿时代
内乡板厂银矿床	Pt ₁	秦岭南麓组大理岩、斜长角闪片岩、云母石英片岩	朱阳关-夏馆断裂带南侧的断裂带	花岗岩、花岗斑岩	矿体受沿断裂侵入的花岗斑岩控制,产于花岗斑岩内外接触带,呈脉状、透镜状	矿石类型有矿化花岗岩和蚀变大理岩两种,矿石金属矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿、方铅矿、网脉状、块状构造	硅化、矽卡岩化、绢云母化、碳酸盐化	与斑岩有关的低温中热液矿床	燕山期
桐柏破山银矿床	Pt ₃	歪头山组变质火山-沉积岩系,以变粒岩为主,夹碳质绢云石英片岩和少量斜长角闪片岩、大理岩透镜体	以断层和层间挤压破碎带为主,有NW、NE、NNE、NNW向四组,以NNW向层间挤压破碎带规模最大,为主要储矿构造		矿体主要赋存于碳质绢云母石英片岩中,似层状、脉状、透镜状,产状与地层基本一致	矿石矿物成分复杂,主要有辉银矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、方解石、石英,其次为自然银、黄铜矿、磁黄铁矿、白铁矿、菱铁矿等,脉状、浸染状和角砾状构造	主要为硅化、绢云母化、碳酸盐化,其次为绿泥石化、粘土化	沉积再造型矿床	加里东-华力西期
柞水银洞子银矿床	D	大西沟组铁镁质碳酸盐岩、含碳绿泥绢云千枚岩、绢云千枚岩及少量硅质岩		煌斑岩脉、辉绿岩脉	矿体产于大西沟组中下部,层状、似层状平行分布	方铅矿、黄铜矿、含银黝铜矿-银黝铜矿、辉银矿、硫锑铜银矿、硫银锑铅矿、红银矿、黄铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、毒砂、磁铁矿、菱铁矿、自然银、重晶石、钠长石、铁白云石、碧玉、石英等		热水喷流沉积型	华力西期

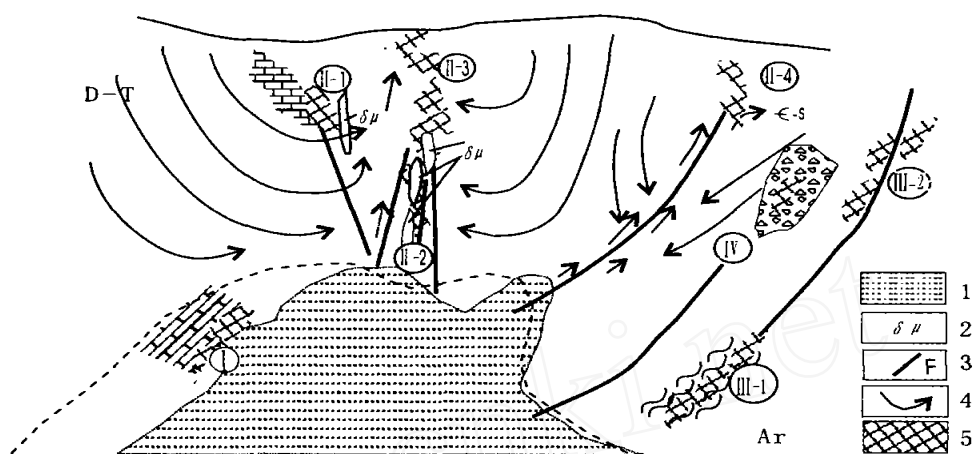


图3 秦岭造山带金成矿模式图

Fig. 3 The metallogenic model of gold deposits in Qinling area

1. 中酸性岩浆岩; 2. 玢岩脉; 3. 断层; 4. 流体运动方向; 5. 矿体。I. 矽卡岩型(阿西金矿); II. 微细浸染型: II-1. 玢岩型(壤塘、哲波山、大水金矿), II-2. 浊积岩型(马脑壳), II-3. 热晕型(李坝), II-4. 碳硅泥岩型(拉尔玛金矿); III. 构造蚀变蚀变岩和石英脉型: III-1. 蚀变岩型, III-2. 石英脉型; IV. 隐爆角砾岩型

秦岭是我国泥盆系喷流沉积型(SEDDEX)铅锌矿富集区。新近发现与勘查的代家庄、水贯子铅锌矿床表明, 秦岭泥盆系喷流沉积型铅锌矿仍具有较大找矿潜力。

热水沉积矿床为品位富、储量大的超大型铅-锌矿床, 如厂坝-李家沟矿床(马国良等, 1996)。这类矿床在强烈氧化作用下, 可形成以菱锌矿、白铅矿为主的富矿体(代家庄)或铁帽, 他们是寻找原生矿的标志。

热水沉积改造矿床为仅次于厂坝式矿床的另一重要类型。容矿岩系为“礁硅岩套”。矿床的围岩蚀变主要有硅化及铁白云石化, 其次有重晶石化、菱铁矿化。有用组分除铅、锌外, 明显地伴生银和铜。

近年来, 秦岭志留系铅锌矿找矿也有新突破。发现了以南沙沟、泗人沟、关子沟等为代表的热水沉积改造型铅锌矿。陕西地调院在旬阳-白河铅锌矿成矿区, 已初步查明区内铅锌矿有中志留统双河镇组和下志留统梅子垭组两上含矿层位及泗人沟-南沙沟铅锌成矿带、红土坡-韩氏沟-小沟铅锌成矿带、西营-黄石板铅锌铜成矿带三个成矿带。在成矿带内发现20余处铅锌(铜)矿床(点), 资源丰富, 找矿潜力较大。

3.3.1.2 MVT 型铅锌矿床

MVT 型铅锌矿床是近年来发现的新类型。根

据笔者研究, 该类矿床主要分布在秦岭造山带前陆盆地边缘古隆起周缘(汉南—碑坝、神农架古隆起周缘), 层位稳定, 矿化范围大。矿体一般呈似层状、透镜状、条带状顺层间角砾带或微斜切地层产出, 沿走向、倾向有明显分枝复合、膨大收缩现象。成矿元素以Zn、Pb为主, 伴生有Ge、Cd、Ag。矿石中金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿、菱锌矿、异极矿, 少量黄铁矿、磁黄铁矿。从该矿床系列成矿特点看, 既具有层控岩控的特点, 又具明显后生成矿的特征。成矿流体为低温富烃流体, 其形成与烃源岩(含藻白云岩建造)有明显成因联系。近年来, 在宜昌白鸡河灯影组灯影组含藻白云岩中发现了沉积型闪锌矿化。该矿床系列形成有可能是在造山带演化过程中, 在构造驱动下, 下渗循环热卤水(油田水)携带矿质在角砾岩带中充填交代成矿。基底隆升及滑脱拆离构造为流体活动及矿体定位提供了有利空间。

3.3.1.3 斑岩-热液型银-多金属矿床

斑岩-热液型银多金属矿床为秦岭近几年新确立的银矿床类型, 以内乡板厂端园银多金属矿为代表, 位于北西向的朱夏断裂Ag异常带之上, 矿体受沿断裂侵入的花岗斑岩脉控制, 主要发育于碎裂花岗岩斑岩内外接触带, 初步控制总长度在6 km 以上, 厚1.6~16.2 m, 矿体呈半隐伏状, 从地表向深部,

有明显的增厚变富趋势。矿石类型有矿化花岗斑岩和蚀变大理岩两种, 矿石平均含银 253×10^{-6} 、铜 1.51%、铅 3.21%、锌平均 2.07%, 还含有较高的钼、铋。根据矿体与沿断裂带发育的斑岩体紧密关系, 以及矿物组合显示的高温—中低温组合特征, 银主要形成于中低温热液阶段, 属于与斑岩有关的中低温热液矿床。这些新层位、新类型矿床的发现与勘查表明, 秦岭造山及邻区铅锌银找矿潜力巨大, 孕育着找矿将有更大的突破。

3.3.2 秦岭铅锌矿成矿模式

秦岭地区铅锌矿的成矿时期, 始于中新元古代, 古生代早期, 继后历经华力西期、印支期, 止于燕山期, 成矿高峰期在华力西期和晚印支期—燕山期。多旋回成矿在南秦岭古生代的多金属矿床形成进程中表现十分明显。它们多与热水沉积岩发育有关, 具有明显的时空域范围。本区热水沉积矿床的热液体系是随着沉积盆地的发展而生成和演化的。中新元古代, 碧口裂谷—洋盆—岛弧成矿系统演化晚期, 形成了与岛弧火山岩有关的喷流沉积型 (VHMS) 铜、铅、锌、金、银、硫矿床 (东沟坝)。震旦纪在扬子

板块北缘形成沉积型铅锌矿层或矿源层。早古生代东秦岭弧后盆地中, 形成了产于二郎坪群火山建造中的铜锌 (刘山岩)、铅锌铜多金属矿 (桑树坪—水洞岭) 等火山喷流沉积型成矿系列。

旬阳北泗人沟、南沙沟、关子沟等志留系中与热水沉积有关的铅锌矿床的发现, 使得热水沉积型铅锌含矿层的层位从泥盆系又向下拓展了一个层位。中泥盆世, 热液体系发展到高峰时期, 在南秦岭板内一系列裂陷盆地内, 发生了大规模热水喷流成矿过程, 形成了区内广泛分布的大多数大型—超大型铅锌矿床。成矿流体的幕式喷流及其活动过程中热液成分的分异作用造成成矿物质与正常沉积物或其他热水沉积物成薄互层状交替产出, 矿体呈清楚的层级韵律或条带状构造。流体的多期次活动造成含矿岩系中有多层矿层形成。

印支末期发生强烈造山运动, 结束了古秦岭海的沉积历史, 在陆内造山过程中, 在构造-流体作用下, 震旦系形成的铅锌矿层、矿源层受到进一步改造, 形成了 MVT 型矿床。秦岭地区铅锌矿床成矿模式见图 4。

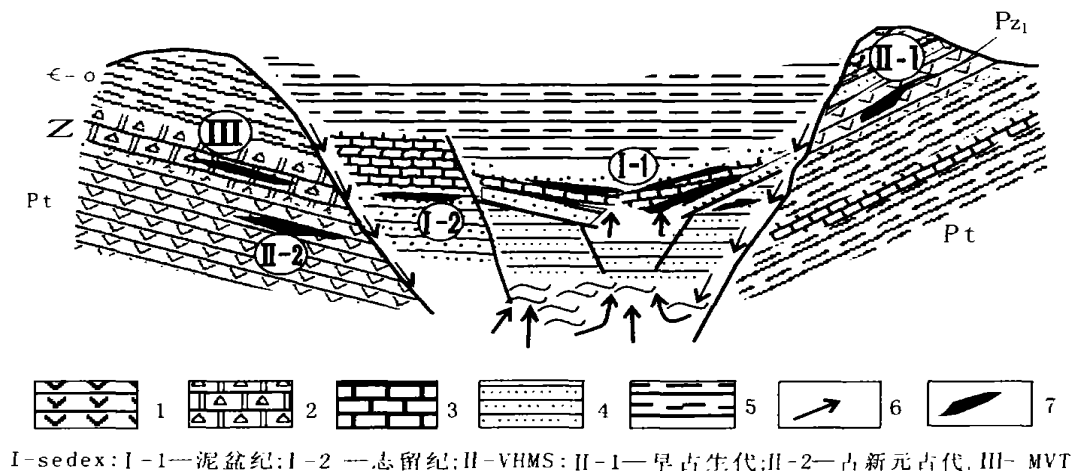


图4 秦岭铅锌成矿模式图

Fig. 4 The metallogenic model of the lead-zinc deposits in Qinling area

1. 火山-沉积岩; 2. 角砾状白云岩; 3. 灰岩; 4. 砂岩; 5. 页岩; 6. 流体运移方向; 7. 矿体

4 成矿潜力评价及找矿方向

4.1 成矿潜力评价

根据对区域成矿环境、成矿系统、矿床类型、成矿主元素组合及聚矿强度的综合研究, 秦岭成矿带

金、银、铅、锌、铜、汞、锑等具有比较明显优势矿种的成矿谱系分析 (表 8), 可以看出本区发育多期成矿作用, 受多个成矿系统的复合控制, 在时间演化上表现出明显多旋回性、继承性、新生性和叠加性特征, 华力西期与印支末期—燕山期是成矿大爆发期, 最有利于大型超大型矿床形成。

表8 秦岭造山带金属矿床成矿谱系

Tab. 8 The mineralogical pedigree of the metal ore deposits in Qinling area

地质时代				构造 旋回			成矿类型	矿化强度						成矿元 素组合										
代	纪	世	年龄(Ma)					Au	Ag	PbZn	Cu	Hg	Sb											
新生代	Q		1.5±0.5	喜马拉雅	陆内 造山 演化 阶段	隆升 成山	冲积型金矿等							Au、Ti										
	N		25±2																					
	E		65±																					
中生代	K	K ₂	135±5	燕山		逆冲 推覆	微细浸染型、 石英脉型、 蚀变岩型金矿、 热液型汞锑矿、 斑岩型钼（铜） 银及多金属矿 等							Au、Ag、 Pb、Zn、 Hg、Sb、 W、Mo、 Cu等										
		K ₁																						
	J	J ₃	200±5												伸展 塌陷									
		J ₂																						
	T	J ₁	240±			印支									主造 山期	板块 碰撞 期	金等元素的预 富集							Au、Ag、 Hg、Sb
		T ₃																						
T ₂																								
古生代	P	P ₂	285±5	华力西		板块 构造 演化 阶段	岩浆型铬矿、 岩浆熔离-火 山热液过渡型 铜矿							Cr、Cu、 Co、Zn										
		P ₂																						
	C	C ₂	355±5				SEDEX型铅锌 （铜）矿、沉 积-改造多金 属矿、金预富集							Pb、Zn、 Cu、Fe； （Au、Ag、 Hg、Sb）										
		C ₁																						
	D	D ₃	400±5			俯冲 期	SEDEX型铅锌矿							Zn、Pb、 Ag、Au										
		D ₂																						
		D ₁																						
	S	S ₃	440±10				VMS型铜锌多 金属矿、层控 型金银矿							Zn、Pb、 Cu、Au、 Ag、Fe										
		S ₂																						
		S ₁																						
O	O ₃	505±5				金、铀等金属 富集							Au、U、钼 族元素											
	O ₂																							
	O ₁																							
ε	ε ₃	600				MVT型铅锌矿							Zn、Pb、 Ba											
	ε ₂																							
	ε ₁																							
元古宙	Z	Z ₂	800±50	晋宁	过渡性基 底形成矿 阶段	岩浆型镍、 铬矿								Ni、Cr、 Cu、Fe等										
		Z ₁				黑矿型铅锌银 矿、岩浆热液 铜-铁矿							Pb、Zn、 Au、Ag、 Cu、S、 Ba											
	Pt ₃		1000±						VMS铜及多金属 矿、银多金属矿						Cu、Zn、Pb、 Au、Ag等									
	Pt ₂		1400、1450																					
			1850±																					
Pt ₁		2200、2300											Fe、Ti、 V、（Au） 等											
Ar		2500、2600																						

区内主成矿元素金、银、铅、锌、铜、汞、锑等,虽然从元古宙到新生代都有不同程度的富集,但大型—超大型矿床集中发育在华力西期与印支末期—燕山期,显示华力西期与印支末期—燕山期是成矿大爆发期。

印支末期—燕山期是秦岭地区发生盆山转换和陆内造山的重要时期。因此继续加强沿区域深大断裂带(商丹断裂带、勉略断裂带等)附近与构造-岩浆活动有关的找矿评价工作,可能会发现新的矿化富集区(带)。

结合对各地质构造单元演化历史、成矿作用和成矿系统特点研究所获得的认识,秦岭地区主要优势矿种有铅、锌、汞、锑、金、银、铜,此外,钨、锡、钼也有重要找矿前景,可从以下几点考虑。

铅、锌矿具有找矿前景的主要类型有“厂坝式”、“旬北式”和“马元式”三种类型。秦岭地区铜矿床的主要找矿类型为火山岩型、斑岩型和沉积改造型矿床。火山岩型(海底火山喷流沉积型)铜矿评价重点是碧口地区,该类型矿床延伸较稳定,矿体厚度不大,但延深较大,应加强深部的评价工作。斑岩型铜矿在夏河-合作-漳县、洛南地区南部、柞水-山阳地区开展评价,有可能取得突破。沉积改造型铜矿床在甘肃临江-雷坝地区、陕西洛南地区 and 山柞盆地有良好矿化显示和异常组合,有进一步找矿的

潜力。秦岭金矿找矿工作突破于东秦岭,先后在小秦岭发现石英脉型金矿、熊耳山蚀变破碎带金矿、桐柏山层控型金矿等。20世纪80年代在秦岭西部又取得重大突破,尤其是大型超大型微细浸染型金矿床的找矿前景应予以重视。汞、锑矿呈NWW带状展布,受建造与断裂双重控制,成矿潜力较大,具有广阔的找矿前景。斑岩型银多金属矿和火山沉积变质建造中的构造蚀变岩型银多金属矿,近年也有突破,在商丹断裂带有地化异常显示,因此银矿也有找矿前景。钨、锡、钼矿与岩浆活动有关,在甘肃温泉、陕西洛南、河南栾川等地都有发现,沿商丹断裂带钨、锡地球化学异常明显,加强对这一带的解剖,有可能发现与斑岩有关的大型矿床。在一些特殊地质构造单元或一些特殊的地质构造演化阶段,也有可能形成一些特殊的新矿床类型。对这类矿床的预测,需要采用求异理论和方法来探讨新矿床类型形成的异常环境和条件。

4.2 成矿远景区

在秦岭地区成矿场背景、成矿条件、成矿作用、成矿系列、矿床类型和成矿规律研究所基础上,结合1:50万和1:20万物化、遥、矿等综合找矿信息,采用基于地理信息系统(GIS)的证据权法进行区域定量预测,划分了5个区域成矿远景带和17个重要成矿预测区(表9、表10)。

表9 秦岭成矿带成矿远景预测区

Tab. 9 The mineral prospecting regions and targets in Qinling metallogenic belt

区域成矿远景带	重要成矿远景区
I 同仁-周至-桐柏(华北地块南缘)成矿远景带	I-1 夏河-合作-武山金银铅锌钨钼评价区 I-2 李子园-太阳寺-唐藏金银铅锌(铜钼)评价区 I-3 眉县-周至铜铅锌银、钨锡钼评价区 I-4 洛南-商南铅锌银铜、钨锡钼评价区 I-5 朱阳关-南召银金多金属评价区 I-6 桐柏银金评价区
II 临潭-凤县-山阳(秦岭华力西期裂陷槽)成矿远景带	II-1 临潭-宕昌-厂坝铅锌评价区 II-2 临江-雷坝铜铅锌评价区 II-3 镇安-山阳铅锌银铜评价区
III 武都-留坝-旬阳成矿远景带	III-1 舟曲-武都金铅锌铜评价区 III-2 迷坝-留坝-铅锌银、铜锡、汞锑评价区 III-3 宁陕-旬阳铅锌银、汞锑评价区
IV 扬子地块北缘成矿远景带	IV-1 马元-白玉铅锌评价区 IV-2 资阳-岚皋铅锌银铜评价区 IV-3 镇巴-镇坪铅锌评价区 IV-4 神农架铅锌评价区
V 碧口成矿远景区	V-1 碧口-铜厂铜铅锌评价区

表 10 成矿预测区特征表
Tab. 10 The characteristics of the mineral prospecting targets

成矿预测区名称	成矿预测区特征
I-1 夏河-合作-武山金银铅锌钨钼铜成矿远景区	该区岩浆活动强烈频繁, 主要为燕山早期的花岗岩类岩体, 形成了以黑河岩体、龙得岗岩体、阿米山岩体、美武岩体、温泉岩体为主体的一系列小斑岩类岩体, 各类热液蚀变现象发育, 伴生有 Au、Ag、Mo、Cu、As、Sb、W 等强烈矿化。成矿条件优越, 有较大的成矿潜力。特别是斑岩型、砂卡岩型、低温热液矿床是本区主要的找矿对象
I-2 李子园-太阳寺-唐藏金银铅锌(铜钼)成矿远景区	该区构造变形非常强烈, 控矿构造主要为印支末期-燕山期陆内造山期的推覆构造体系, 同时发育一系列近东西向的韧性剪切带和近南北向脆性张剪带和波状-弧形断裂。沿这些大型剪切带或交切位置, 常发育中酸性-酸性岩浆岩体及相关的强烈硅化、碳酸盐化和黄铁矿化等蚀变作用。有李子园、太阳寺及陕西唐藏等三个明显 Au-Ag-Pb-Zn-Cu 组合地球化学异常
I-3 眉县-周至铜铅锌银、钨锡钼成矿远景区	出露地层有秦岭群、宽坪群、丹凤群, 印支期-燕山期岩浆活动较强烈。钨锡钼异常和铅锌异常套合好, 证据权异常显著。已发现有东流水铜矿、金洞沟金矿、铜峪铜矿、西路峪铜矿等, 但对钨锡钼异常和铅锌异常没有进行检查, 根据该区所处构造位置、地质条件和地球化学异常, 具有形成大型钨锡钼和铅锌矿的成矿远景
I-4 洛南-商南铅锌银铜、钨锡钼成矿远景区	发育一系列近东西褶皱、断裂构造。岩浆活动强烈。元古宙-白垩纪花岗岩体均有分布, 圈出以 Cu、Ag、Pb、Zn 为主的综合异常 30 个, 4 个异常带, 发现 2 个以铜为主的矿带和若干矿点。南台-银厂沟地区发现有与燕山期石英斑岩、燧斑角砾岩有关的钨钼、铅锌及金银矿化, 该区是继续寻找与斑岩有关矿化的远景区
I-5 朱阳关-南如银金多金属成矿远景区	出露地层主体二郛坪群, 在二郛坪体内已圈出以金、银、铅、锌、铜、锡、钨为主元素的综合异常 61 处, 其中甲类异常 3 处, 乙类异常 10 处, 丙类异常 41 处, 丁类异常 7 处。这些异常沿二郛坪地体南缘的朱阳关-夏馆断裂带和小寨含碳质细碎屑岩建造构成一条巨大的 Au-Ag-Sb-Hg 组合异常带
I-6 桐柏银金成矿远景区	属桐柏-大别褶皱带, 主要出露地层为新元古界和下古生界二郛坪群, 岩浆活动强烈, 受北西向构造带控制, 是金、银成矿的有利地区
I-1 临潼-宕昌-厂坝铅锌成矿远景区	出露地层主要为泥盆系、石炭系、二叠系。其中泥盆系中统的西汉水群主要为浅海陆棚相碎屑岩夹碳酸盐岩, 相变较大, 是西秦岭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。该成矿远景区有非常好的成矿远景, 找矿潜力很大
I-2 临江-雷坝铜铅锌成矿远景区	该成矿远景区内有大量铜为主地球化学异常, 而且已发现近 30 个铜铅锌多金属矿化点, 在下一轮矿产地质勘查工作中, 应该将该区单独作为铜多金属矿的重点工作区, 投入适当的地质勘查工程, 查明该区的铜、铅、锌、锡矿资源潜力
I-3 镇安-山阳铅锌银铜成矿远景区	区内成矿与泥盆系岩相古地理、印支期-燕山期构造变形及岩浆活动关系密切。赋矿层位为中泥盆统复理石建造, 岩石以富铁白云石和碳质、铜、硫、硼为特征。燕山早期浅成花岗岩闪长岩、石英闪长岩、花岗岩体呈珠状成群集中断续分布, 组成北东向构造-岩浆岩带, 伴有铜、金、银、铂、铼地球化学异常及金重砂异常, 是砂卡岩-热液型铜、金成矿远景区

4.2.1 同仁-周至-桐柏(华北地区南缘)成矿远景带

以商丹缝合线为轴心,包括了北秦岭构造带及南秦岭构造带北部的一些岩石建造和构造-岩浆-成矿带。成矿作用以加里东火山-沉积成矿作用、印支期—燕山期浅成岩浆热液作用以及燕山期—喜马拉雅期陆内造山期韧性剪切成矿作用为主,成矿持续时间长,从前寒武纪至燕山期,主要成矿期为加里东期、印支期—燕山期,矿产以 Mo 、 Au 、 Ag 、 Cu 为主,共(伴)生 Pb 、 Zn 、 W 等。局部发育燕山期陆相火山岩型金矿化。

4.2.2 临潭-凤县-山阳(秦岭华力西期裂陷槽)成矿远景带

属南秦岭造山带北带及中带伸展盆地叠加印支冲褶带,礼县-柞水华力西期冒地槽褶皱带。据前人及我们的研究成果,该成矿带内的矿床与侵入岩无直接成因关系,大多数矿床属于沉积或海底喷流-热水沉积型,但印支—燕山期碰撞造山花岗岩体的大规模侵入,对成矿物质的进一步活化和富集有重要的作用。该区内地球化学场异常明显,与主要矿集区吻合较好。其中在该带的西段(临潭—宕昌—临江一带)由于泥盆系埋深较大,异常较低,但仍然可以分辨出。此外,地球化学场的南北分带也比较明显,北带以金、银、铅锌异常为主,中带主要是铅锌异常叠加有铜异常,南带的西段以铜、汞、铋、锌异常组合为主,东段则以汞、铋、铅、金组合异常为主。

4.2.3 武都-留坝-旬阳成矿远景带

主要位于南秦岭南带西段褶皱带,包括白龙江复背斜和旬阳印支褶皱带,二者之间被佛坪隆起带隔断。该带地球化学异常非常突出,主要是 Cu 、 Au 、 Pb 、 Zn 、 Hg 、 Sb 组合异常,如白龙江该区20万化探圈定金异常54个,汞异常40个,铋异常37个,铜异常15个(碌曲幅11个,武都幅4个),铅锌银异常12个。该区域 Au 、 Pb 、 Zn 、 Hg 、 Ag 、 Sb 、 As 异常的重合性好,沿构造带分布规律明显,范围基本上与志留系重合。同时,目前已发现十几个铜铅锌金汞铋多金属矿(化)点。而在陕西旬阳北部泥盆系中已发现了多个铅锌多金属矿床,在迷坝-留坝也有较好铅锌金银汞铋组合异常及铅锌多金属矿点。其中旬北地区成矿范围最大,向西有减弱趋势。总之,南秦岭南带志留系黑色岩系是重要的含矿岩层,

从东到西连绵几百千米都显示出较为稳定的铜、铅、锌、金、汞、铋多金属矿化和地球化学异常。因此,有理由认为,在该成矿带内找寻铜铅锌汞铋多金属矿床是有潜力的。

4.2.4 扬子地块北缘成矿远景带

主要位于扬子地块北缘的加里东褶皱带内。扬子北缘震旦纪—早古生代以陆表海台地相沉积为特征。在震旦系灯影组和九道拐组碳酸盐岩中,目前已发现楠木树(大型)、南岸山(小型)2处铅锌矿床和尖洞子、孔隙沟、九岭子、东山坪、云河等30多处矿(化)点,形成了大致沿西乡钟家沟向西经南郑马元—白玉,经四川—盐井—南场坝—云河—九道拐一带的一条近东西向展布的、长度大于300 km的铅锌矿带。尖洞子—楠木树—孔隙沟和南岸山—东山坪—松坪、云河—庙坝—盐井及九道拐矿化富集区段,具有MVT型矿床的成矿特征。邻区四川境内同一层位中已发现数处中型以上规模的铅锌矿床,鄂西同一层位中也发现有铅锌矿化,说明矿化具有稳定的产出层位,它们共同构成扬子北缘铅锌成矿远景区。1:50万地球化学异常图中清楚地显示,在扬子地台北缘分布一系列铅锌银组合异常,这些异常与晚震旦统地层有比较好的吻合关系,反映了震旦系铅锌含矿建造的存在和成矿的巨大潜力。

4.2.5 碧口成矿远景区

位于扬子板块与秦岭微板块之间,本区铜多金属矿床主要分布于元古宙碧口群和豆坝群火山沉积岩建造中。产于碧口群的矿床以铜矿为主,主要有阳坝、杜坝、铁炉沟、筏子坝、大茅坪等铜矿床和周家坡、范坝、黑窝子、两河口等铜矿点,属裂谷-洋盆铜(锌)成矿系列;而产于豆坝群的矿床则有铜、金、银、铅锌和硫等,如东沟坝、陈家坝等矿床,属于岛弧铜多金属矿床系列。区内为重高磁区,重砂、化探异常成群成带密集分布,1:20万、1:5万水系沉积测量圈出综合异常47个,是寻找VHMS型铜多金属矿床的有利地区。重要成矿预测区特征见表10。

5 结论

通过对秦岭造山带成矿特征和找矿方向的综合研究,可以得出以下主要结论。

(1) 秦岭造山带是一个多旋回复合大陆碰撞造

山带,自太古代以来经历了多种构造体制的转化和多期构造热事件发生,伴随有多个构造成矿旋回,所形成的含矿建造、成矿作用及矿床组合具有多样性,铜、钼、铅、锌、银形成、金、汞、锑等矿床产出受7个主要的内生金属成矿系统控制。形成了18个主要成矿系列。

(2) 区域成矿在时间演化上,表现出明显多旋回性、继承性、新生性和叠加性特征,华力西期与印支末-燕山期是成矿大爆发期,最有利于大型、超大型矿床形成;在空间分布上,具有明显的侧向和垂向分带性。

(3) 中晚元古代海底火山喷流沉积(VHMS)型铜矿成矿系列及弧后盆地火山喷流沉积(VHMS)-改造型铅锌银矿成矿系列,震旦系碳酸盐岩建造中沉积-改造(MVT)型铅锌矿成矿系列,早古生代陆缘裂陷盆地热水沉积(SEDEX)型铅锌矿成矿系列,华力西期海底热水喷流沉积(SEDEX)型铅锌矿成矿系列,印支-燕山期热液型金多金属矿成矿系列、斑岩矽卡岩型钼(铜)矿成矿系列、银铅锌矿成矿系列、低温热液型汞锑矿成矿系列等均具有很大的找矿前景。

(4) 区内有5个区域成矿远景带和17个重要成矿预测区。其中,同仁-周至-桐柏(华北地块南缘)成矿远景带夏河-合作-武山、眉县-周至、洛南-商南、朱阳关-南召成矿预测区以寻找印支-燕山期斑岩型W、Mo多金属矿床为主,临潭-凤县-山阳(秦岭华力期裂陷槽)成矿远景带临潭-宕昌-厂坝、临江-雷坝、镇安-山阳预测区以寻找海西期喷流沉积型Pb、Zn、Ag矿床为主,武都-留坝-旬阳成矿远景带迷坝-留坝、宁陕-旬阳预测区以寻找加里东晚期Pb、Zn、Ag矿床为主,扬子地块北缘成矿远景带马元-白玉、资阳-岚皋、镇巴-镇坪、神农架预测区以寻找沉积、沉积改造型Pb、Zn矿床为主,碧口-铜厂预测区以寻找Pb、Zn矿床为主。这些地区的找矿有望获得重大突破。

致谢:在项目研究过程中,得到了地调局资源评价部、西北项目办及陕西、甘肃、河南、湖北等地矿局的支持,同时也参考了相关文献资料,在此表示衷心感谢。

参考文献:

张国伟,孟庆任,于在平,等. 秦岭造山带的造山过程及其

动力学特征[J]. 中国科学(D), 1996, 26(3): 193-200

姚书振,丁振举,周宗桂. 初论造山带成矿学[J]. 地质科技情报, 2002, 21(4): 16

姚书振,丁振举,周宗桂,等. 秦岭造山带金属成矿系统[J]. 地球科学, 2002, 27(5): 599-604

姚书振,丁振举,周宗桂. 碧口地块铜及多金属构造环境与成矿系统[J]. 矿床地质, 2002, 21(S): 519-522

丁振举,姚书振,周宗桂,刘丛强. 碧口群不同岩片火山岩微量元素组成差异与古构造意义[J]. 地球科学, 2003, 28(2): 167-172

周宗桂,丁振举,姚书振. 碧口地块铜多金属成矿系列及其时空结构[J]. 矿床地质, 2002, 21(增): 553-556

姚书振,丁振举,周宗桂. 碧口群铜矿床成矿过程的Sr、Pb同位素地球化学示踪[J]. 地球科学, 1999, 24(增): 6-11

丁振举,姚书振,周宗桂. 略阳铜厂铜矿床Sr、Pb同位素组成及其成矿意义[J]. 矿物岩石, 1999, 19(4): 78-81

马国良,祁思敬,李英,等. 甘肃厂坝铅锌矿床喷气沉积成因研究[J]. 地质找矿论丛, 1996, 11(3): 36-44

祁思敬,李英,曾长仁,等. 秦岭热水沉积型铅锌(铜)矿床[M]. 北京:地质出版社, 1993. 189

祁思敬,李英. 南秦岭晚古生代海底喷气沉积成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 16(1): 171-179

李发林,王瑞廷,陈二虎. 凤太矿田大型铅锌矿床勘查靶区及其找矿思路[J]. 西北地质, 2004, 37(3): 56-60

朱华平,叶磊,甘宝新,等. 山柞镇旬地区盆地体制与金属成矿关系[J]. 西北地质, 2003, 36(1): 52-58

齐文,侯满堂. 陕西铜矿床类型及找矿方向[J]. 西北地质, 2005, 38(3): 29-40

杜玉良,李文渊. 甘肃铜矿资源特征与新一轮找矿思路[J]. 西北地质, 2001, 34(4): 23-29

References:

Zhang Guowei, Meng Qingren, Yu Zaiping, Sun Yong, et al. Orogenesis and dynamics of the Qinling Orogen [J]. Science in China, Ser. D, 1996, 26(3): 193-200

Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui. Primary discussion on Orogenic Metallogeny [J]. Geological Science and Technology Information, 2002, 21(4): 1-6

Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui, Chen Shouyu. Metallogenic Systems of Qinling Orogen [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences. 2002, 27(5): 599-604

Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui. Metatectonic Setting and ore-forming system of Copper and Polymet-

- al Ore Deposits in Bikou Block [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (S): 519-522
- Ding Zhenju, Yao Shuzhen, Zhou Zonggui, Liu Congqiang Diversity of Trace Element Compositions of Volcanic in Different Slabs of Bikou Group: Implications for tectonics [J]. Earth Science-journal of China University of Geosciences, 2003, 28 (2): 167-172
- Zhou Zonggui, Ding Zhenju, Yao Shuzhen Copper Polymetallic Metallogenic Series in Bikou Terran [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (S): 553-556
- Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui, Sr. Pb isotope geochemical trace to ore-forming process of copper deposits in Bikou Group [J]. Earth Science-journal of China University of Geosciences, 1999, 24 (S): 6-11
- Ding Zhenju, Yao Shuzhen, Zhou Zonggui Composition Characteristics of strontium isotopes and implications for mineralization of tongchang copper deposit, Lueyang, Shanxi province [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1999, 19 (4): 78-81
- Ma Guoliang, Qi Sijing, Li Ying, etc A Study of the exhalative origin of the changbalead-zinc deposit, Gansu province [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1996, 11 (3): 36-44
- Qi Sijing, Li Ying, Zeng Changren, etc Lead-zinc (copper) Deposits of Sedex type in Qinling Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993, 1-89
- Qi Sijing, Li Ying, the upper Paleozoic Submarine Exhalative Sedimentary Metallogenic System in South Qinling [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 16 (1): 171-179
- Li Falin, Wang Ruiting; Chen Rihu Exploration target area for large-scale lead and zinc deposit and its prospecting thoughts in Fengxian-Taibai ore field, Shaanxi [J]. Northwestern Geology, 2004, 37 (3): 56-60
- Zhu Huaping, Ye Lei, Gan Baoxin, Wang Changqing The relationship to basin constructure system with metallogenic in Shan (yang) -Zha (shui) -Zhen (an) -Xun (yang)-area [J]. Northwestern Geology, 2003, 36 (1): 52-58
- Qi Wen, Hou Mantang Copper ore deposit types and prospecting direction in Shaanxi province [J]. Northwestern Geology, 2005, 38 (3): 29-40
- Du Yuliang, Li Wenyuan Characteristic of copper ore resources and new train of thought for prospecting in Gansu, China [J]. Northwestern Geology, 2001, 34 (4): 23-29
- Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui, and Lü Xinbiao An ore-forming model for Pb-Zn Deposits in the Qinling orogenic belt, China [J]. Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge, 2005 (1): 215-217

Mineralization Characteristics and Prospecting Potential in the Qinling Metallogenic Belt

YAO Shu-zhen^{1, 2}, ZHOU Zong-gui², LÜ Xin-biao^{1, 2}, CHEN Shou-yu^{1, 2},
DING Zhen-ju², WANG Ping²

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Faculty of Earth resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The Qinling metallogenic belt is an important mining site for base and precious metals and also one of the most potential mineralization areas in China. The recent integrated studies show that the Qinling Mountains is a collisional orogen with polycyclic evolution and composite formations as well as mineralization. The characteristics of tectonic setting, lithological formation, association of ore deposits and metallogenic epoch indicate seven major mineralogenetic systems and 18 mineralogenetic series governing mineralization of Co, Mo, Pb, Zn, Ag, Au, Hg and Sb in the belt. This paper discusses the geological features for each mineralogenetic series and its corresponding ore deposit, reviews the new discoveries in recent

exploration and establishes the regional models for Cu, Au, Pb, Zn and Ag series. The study of the spectrum of ore deposits in the belt demonstrates that the regional mineralization is temporally characterized by polycycling, inheritance, neof ormation and superimposition. The Variscan, late Indosinian to Yanshanian epochs are favorable periods to form large and giant ore deposits. Spatially, mineralization zoning in both vertical and lateral direction has been observed. Also, this study evaluates the Qinling metallogenic belt in terms of ore-forming potential and prospecting areas and concludes that prospective deposits are SEDEX and MVT types of Pb and Zn, veinlet-disseminated type and quartz vein altered type Au, porphyry type of Mo, W and Cu and epithermal Hg and Sb in the belt. Finally, 5 regional prospecting zones and 17 important potential areas have been determined.

Key words: Qinling metallogenic belt; mineralogenetic system; mineralogenetic series; spectrum of ore deposits; ore-forming model; metallogenic potential

《中国西北地区矿山环境地质问题调查与评价》一书出版

由西安地质矿产研究所徐友宁等编著的《中国西北地区矿山环境地质问题调查与评价》一书历时3年而成,并由长安大学李佩成院士作序,已于2006年4月由地质出版社出版。

全书共分七章:第一章介绍了西北地区社会经济、自然地理,划分了四类地质环境分区。第二章简述了西北地区矿产资源的分布特点、开发利用现状、开发利用中存在的主要问题等。第三章介绍了矿山环境地质发展研究现状,建立了矿山环境地质问题分类系统,着重论述了不同工业类型矿产资源开发、不同开发方式及不同地质环境分区内矿山环境地质问题及其特点,分析了导致矿山环境地质问题严重的主要因素。第四章为矿山地质环境质量评价,建立了矿山地质环境质量评价指标体系、评价等级、评价的数学模型等,设定并示范评价了某矿区六个矿山的地质环境质量等级,以及运用三种方法进行评价的过程,分析其评价结果的一致性和差异性,最后给出了西北地区矿山环境地质质量现状评价、预测评价和综合评价结果及其分区。第五章提出开发矿产资源也要遵循热力学的“熵增原理”,绿色矿业就是“趋利而避害”(熵增),“粗放式、掠夺式”开发实为“趋害而避利”(熵减),论述了西北地区矿产资源开发必须走绿色矿业之路的必要性和重要性,提出了保护与修复矿山地质环境的对策与建议。第六章给出了建立区域矿山地质环境数据库的原则和方法,以及建立的数据库的功能特点。第七章论述了编制矿山地质环境图件的基本要求、主要图件及编制方法。全书共25万字,图版2页,插图22幅,表65个。本书可作为大学生、研究生学习有关课程以及教师和广大科技人员工作的参考书。

如有需要者,可按以下方式联系:

邮 编: 710054

地 址: 西安市友谊东路438号

单 位: 西安地质矿产研究所

联系人: 矿山环境地质项目

电 话: 029-87821939

E-mail: ksdzhj@sohu.com

(西安地质矿产研究所 陈社斌供稿)