

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2015.02.005

豫西矿集区成矿系统初步研究

张灯堂^{1,2}, 赵春勇^{1,2}, 冯建之^{1,2}, 崔燮祥¹, 王杏村^{1,2},
高荣德¹, 刘宗彦¹, 孙冬萍³, 徐文超^{1,2}

(1. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 河南 洛阳 471023;

2. 河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室, 河南 洛阳 471023;

3. 三门峡市矿业开发中心, 河南 三门峡 472000)

摘要: 豫西矿集区以矿产种类多, 规模大, 分布密集为主要特征; 可分为斑岩热液成矿系统、脉状钼矿成矿系统、火山热液成矿系统、浅成热液成矿系统、叠加改造成矿系统和陆相砂岩成矿系统六种。成矿系统时间结构显示, 矿集区内存在元古代、印支、燕山期成矿作用, 后期的成矿作用叠加到前期的成矿作用之上, 形成叠加改造型矿床; 成矿空间结构体现出受地幔亚热柱构造、地球化学块体和热点严格控制, 各成矿系统的物质结构复杂, 彼此显示出相似性、同源性, 矿石矿物种类多, 共(伴)生元素多样。豫西矿集区是在豫西地壳剧烈的、多期次的演化过程中形成的, 成矿系统的时空结构与区域地壳演化历史十分吻合, 其成矿机制上具有内在的密切联系。

关键词: 豫西矿集区; 成矿作用; 成矿系统; 东秦岭; 河南省

中图分类号: P612, P617 **文献标识码:** A

统^[13]。本文拟用成矿系统理论对豫西矿集区作初步探讨, 以期对区内的找矿工作有所帮助。

0 引言

在河南西部的栾川—南召以北、三门峡—鲁山以南围限的豫西地区, 区内矿产种类多、规模大、分布密集(图1), 其钼、金矿产在国内占有重要地位, 是中国东部最重要的矿集区之一。随着豫西地区矿床的不断发现, 研究工作也逐渐大规模展开。上世纪90年代以后取得了一系列重要成果^[1-7], 在许多认识问题上取得了一些共识, 但缺乏全面、系统的理论方法对矿集区进行总体研究。

成矿系统在上世纪80年代见于原苏联和西方地质文献中。上世纪90年代以来, 我国许多地质学者^[8-13]也作了深入研究。成矿系统是指在一定的地质时空域中, 控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用过程, 以及所形成的矿床系列和异常系列构成的整体, 是具有成矿功能的一个自然系

1 区域地质构造特征

1.1 地质构造特征及其演化

豫西地区地处华北克拉通(古板块)南部边缘, 地壳具典型双层结构, 基底为中深变质的新太古界太华岩群, 盖层为中上元古界熊耳群火山岩、高山河组、官道口群以及栾川群沉积岩。经历近30亿年的演化, 区域地壳的形成演化主要可划分为中岳运动之前的克拉通形成、中岳运动到印支运动之间古板块形成并增生、印支运动之后的碰撞后演化3个阶段。

中上元古代时期, 华北陆块南缘表现为伸展构造, 形成豫、陕、晋三叉裂谷系, 大规模火山喷发形成了熊耳群双峰式火山建造。之后, 在弧前盆地由北

收稿日期: 2014-10-28; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 河南省国土资源厅科技攻关项目(编号:[2010]61-6, [2013]16)和三门峡地质与矿产调查研究(一期)联合资助。

作者简介: 张灯堂(1986—), 男, 工程师, 主要从事地球化学、成矿规律与成矿预测研究工作。通信地址: 河南省洛阳市龙门大道573号, 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院; 邮政编码: 471023; E-mail: zdttrue@163.com

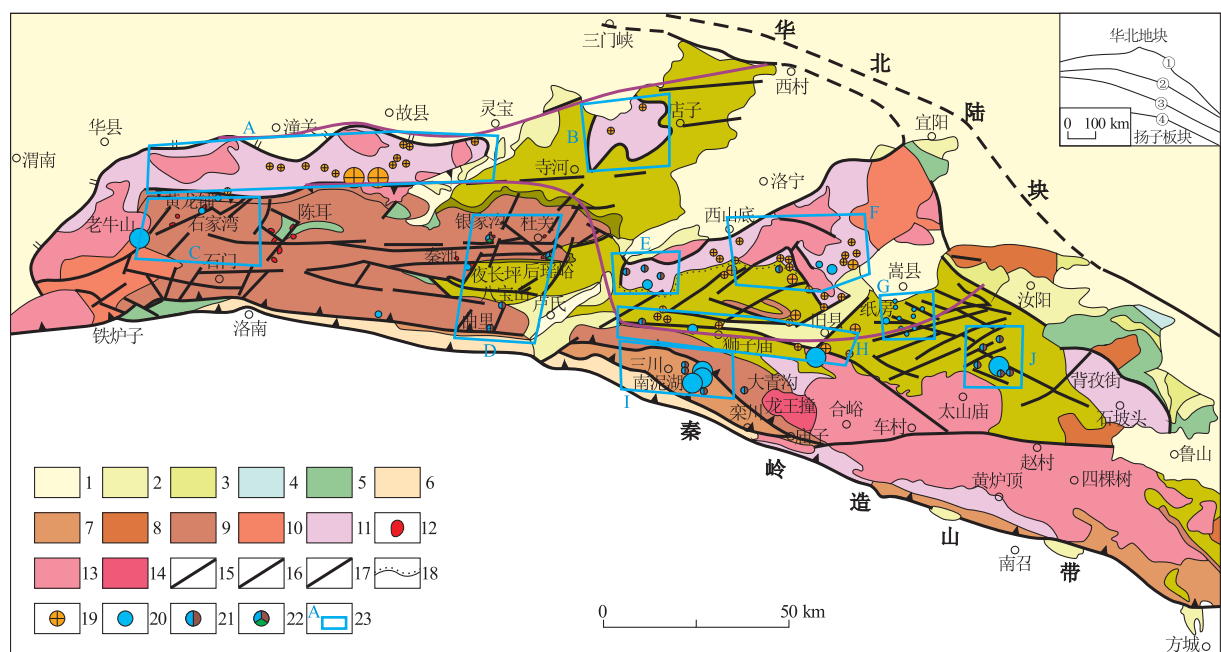


图 1 豫西矿集区地质矿产图

Fig. 1 Geological and mineral resources map of the western Henan ore deposits-clustered district

1. 第四系—新近系; 2. 上白垩统—古近系; 3. 早白垩世火山碎屑沉积岩; 4. 上侏罗统—下白垩统; 5. 寒武系/寒武系—奥陶系; 6. 震旦系陶湾群; 7. 新元古界栾川群; 8. 中新元古界汝阳群、洛峪群、震旦系; 9. 中元古界官道口群; 10. 中元古界熊耳群; 11. 太古宇; 12. 晚侏罗世花岗岩斑岩; 13. 燕山期花岗岩类; 14. 中元古代花岗岩; 15. 断层; 16. 拆离断层; 17. 洛南—栾川推覆体逆冲断层; 18. 不整合界线; 19. 金矿床; 20. 钼矿床; 21. 铅锌矿床; 22. 多金属矿床; 23. 矿田区及编号: A. 小秦岭金矿田; B. 崤山金矿田; C. 金堆城钼矿田; D. 银家沟—曲里钼多金属矿田; E. 熊耳山西段浅成热液银铅钼矿田; F. 熊耳山东段金钼矿田; G. 纸房钼矿田; H. 马超营断裂带金钼矿田; I. 南泥湖钼矿田; J. 东沟钼矿田; ① 三门峡断裂带; ② 洛南—栾川断裂带; ③ 商丹断裂带; ④ 勉略断裂带

向南依次沉积了高山河组、官道口群和栾川群沉积建造。

加里东期—印支期, 华北陆块南缘总体应力特征由伸展转换为挤压, 表现为古秦岭岛弧与华北古板块碰撞, 形成了一系列近 EW 向区域断裂; 印支期华北和扬子两大板块闭合, 区域上形成了若干个碱性花岗岩体, 碰撞造山作用导致陆壳拆离、滑脱、推覆等陆内俯冲作用, 造成一系列不同尺度、不同层次和型式的向 N 倾的陆内俯冲。

燕山期, 构造体制转换为伸展性质, 在原造山作用挤压的背景下, 应力得到快速释放, 伸展环境导致本区发育了典型的盆岭构造系统和变质核杂岩。由于太平洋板块向欧亚板块俯冲, 在局部地区形成了 NNE 向断裂—岩浆系统。它与 NE 向盆岭构造共存, 共同构成了本区的构造格架, 构成了大规模的推覆构造—左行走滑构造—伸展构造系统。

伸展构造作用的另一个重要表现是, 地幔大规模上隆, 形成华熊亚热柱^[14], 造成地壳伸展减薄, 下地壳—上地幔的熔浆大规模侵位, 形成一系列花岗岩基、岩株, 并导致区域热流值升高, 引发了大规模成

矿作用, 从而形成了豫西矿集区。

由于多期的构造转换和不同的应力作用, 华北陆块南缘断裂构造十分发育。根据地质和地球物理资料, 区内有 2 条岩石圈断裂(三门峡—鲁山断裂、洛南—栾川断裂), 1 条壳断裂(马超营断裂), 4 条基底断裂(朱阳镇—三门峡断裂、田湖断裂、车村断裂、福地断裂)。其中, 岩石圈断裂和壳断裂是控制区域成岩成矿的主导构造, 基底和盖层断裂控制本区地形地貌。

1.2 地层与成矿

豫西矿集区地层相对比较简单, 以前寒武纪地层为主。新太古界太华岩群经历了多期的变质变形作用, 变质程度可达角闪岩相, 具有变质核杂岩特征; 元古代弧形盆地中形成了上覆于太华岩群的熊耳群火山岩、高山河组及官道口群和栾川群沉积岩, 由北向南依次分布, 其产状平缓, 变质轻微, 强烈的后期挤压作用, 使其呈岛链状分布。

太华岩群中 Pb, Zn 丰度略高(表 1), 熊耳群富 Zn, 其他元素在所有地层中未显示出明显异常, 从元素丰度判断, 地层不大可能构成矿源层。

表 1 主要地层元素含量表
Table 1 Element contents of the main strata

地层	Mo	Au	Ag	Pb	Zn
太华群	0.48	0.69	0.06	14.77	82.16
熊耳群	0.68	0.47	0.05	12.01	131.06
官道口群	0.25	0.39		4.62	21.77
平均值	0.55	0.64	0.06	12.48	89.70
地壳丰度	0.65	1.21	0.052	12.6	71.00

量的单位: $w(\text{Au})/10^{-9}$, $w_{\text{B}}/10^{-6}$; 地壳丰度据因特网上国际地球化学参考模型数据, 1998.

表 2 相关地层中的矿床一览表
Table 2 Schedule of the main strata and ore deposits within them

地层	钼矿名称	金矿名称	银、铅锌矿名称	多金属矿名称
太华群	雷门沟、黄水庵、寨凹	小秦岭金矿、申家窑金矿、虎沟、祁雨沟、星星阴、吉家洼、七里坪、小池沟、吉家洼、大公峪	沙沟、铁炉坪、蒿坪沟、月亮沟	
熊耳群	东沟、黄龙铺、金堆城、鱼池岭(花岗岩中)、纸房、石窑沟	上官、北岭、前河、店房、瑶沟、红庄、元岭、庙岭、崔香洼、干树洼、青冈坪、康山、范圪塔	西灶沟、老代丈沟、王平西沟、太洞沟	
官道口群	夜长坪	中营		银家沟、后瑶峪、八宝山
栾川群	南泥湖(三道庄)、上房沟、马圈	核桃岔	鱼库、北沟、百炉沟、赤土店	曲里

豫西地区的金矿主要集中在太华岩群和熊耳群火山岩中,许多学者提出了太华岩群是金的矿源层。然而,自微金测试技术应用后,大量的小秦岭太华岩群金的丰度值一般为 1.0×10^{-9} 左右,极个别 $> 2 \times 10^{-9}$,如冯建之等^[15]的数据为 0.98×10^{-9} 。主要变质核杂岩 Au 丰度分别为鲁山 1.1×10^{-9} ,熊耳山 0.8×10^{-9} ,崤山 0.9×10^{-9} ,小秦岭 0.7×10^{-9} ^[1]。太华群结晶基底的金丰度甚至低于区域背景值,不大可能成为大规模成矿作用的矿源层。

从表 2 不难看出,矿床的分布反映出各类矿产对地层没有选择性,尤其是钼、银、铅锌矿,可产出在矿集区内各种主要地层中。相比而言,金矿在太华岩群和熊耳群比较集中;银、铅锌矿和多金属矿中往往也存在金矿体,个别金矿体可达中型规模。

1.3 岩浆岩与成矿

矿集区内岩浆活动强烈,根据构造演化和岩浆活动特征,岩浆活动可划分为 8 期^[2,16-17]。其中,规模最大,与成矿关系最密切的是中生代燕山期岩浆活动。已发现中生代花岗岩类岩体 70 余个,出露面积约 $1\,500\text{ km}^2$ 。一般将它们划分为 2 个构造-岩浆岩带,7 个构造-岩浆岩亚带^[18],为豫西矿集区中生代构造-岩浆岩带最重要的部分。下面主要讨论中生代特别是燕山期岩浆岩。

1.3.1 岩体分布时空结构特征

(1)矿集区内 30 多个岩体锆石 U-Pb 同位素年

龄统计表明,区内中生代岩浆岩的时间结构规律明显:印支期仅有 3 个岩体,侏罗纪有 16 个,白垩纪有 17 个;侏罗纪的岩浆岩体数目,自早侏罗世至晚侏罗世增多。从晚侏罗世至早白垩世有 4 个岩浆活动高峰,分别是 160~155 Ma(第 1 个高峰期),主要岩体为夜长坪、南泥湖、上房沟等;145~140 Ma(第 2 个高峰期),主要岩体为金堆城、娘娘山、老牛山及石宝沟,主要分布于矿集区西部;135~130 Ma(第 3 个高峰期),主要岩体是合峪、柳关、花山、华山、后瑶峪等;125~120 Ma(第 4 个高峰期),主要岩体是斑竹寺、八宝山、小妹河、祁雨沟等。第 1 个高峰期的岩体主要与钼矿有关;其他高峰期岩体的成矿专属性不明显。

(2)岩基和较大岩体主要分布在靠近深大断裂的区域,如老牛山、华山、文峪、娘娘山、花山、蒿坪、合峪、伏牛山等岩体;在盖层区基本以岩株的形式产出,往往以等距性和一定的方向性排列,且以卢氏—灵宝地区最明显。图 2 中显示了卢氏—灵宝地区岩体东西成带、南北成行,岩体分布具方向性、对称性、等距性的特点。

(3)在变质核杂岩区岩浆岩较发育。相对而言,小秦岭最发育,且以岩基和大岩体为主;熊耳山相对较少,岩基和岩株均有;崤山地区最少,且为岩株;鲁山地区没有岩体出露。区内矿产与中生代岩浆岩的数量和规模呈正相关,成矿规模由小秦岭→熊耳山

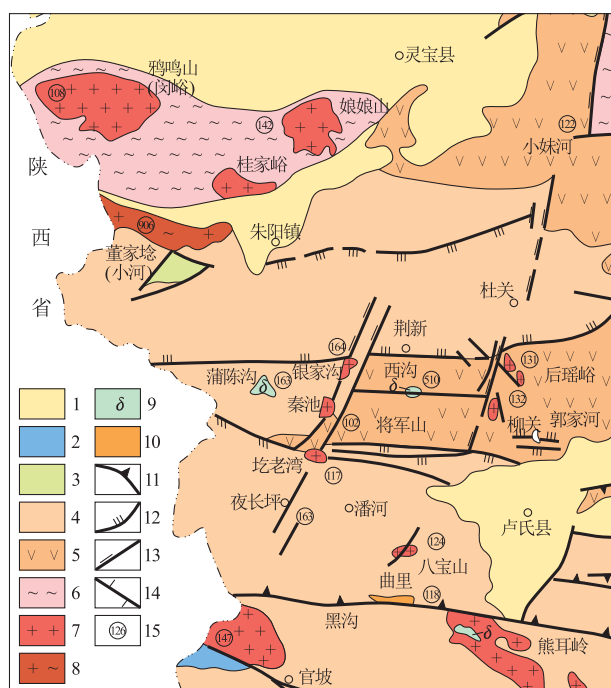


图2 卢氏—灵宝地区中酸性岩浆岩分布图

Fig. 2 Intermediate-acid rock distribution in Lushi-Lingbao region

1. 古近-新近系、第四系; 2. 中生界; 3. 古生界; 4. 元古宙地层; 5. 元古宙火山岩系; 6. 太古宇; 7. 燕山期花岗岩类; 8. 太古宙-元古宙花岗岩类; 9. 闪长岩类; 10. 正长岩类; 11. EW向主干断裂; 12. EW向断裂; 13. NNE向主干断裂; 14. 次要断裂; 15. 同位素年龄(Ma)

→ 崤山依次减弱。

1.3.2 中生代花岗岩主要岩石地球化学环境特征

矿集区内 19 个花岗岩体的近 100 余个岩石样品的分析数据^[19-23]统计结果显示, $w(\text{SiO}_2) = 64.44\% \sim 89.92\%$, 平均 70.99% ; $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 9.94\% \sim 17.05\%$, 平均 14.59% ; $w(\text{K}_2\text{O}) = 2.92\% \sim 7.99\%$, 平均 4.53% ; $w(\text{Na}_2\text{O}) = 0.08\% \sim 6.71\%$, 平均 3.93% ; 重要特征为富碱, $w(\text{K}_2\text{O}) + w(\text{Na}_2\text{O}) = 8.46\%$, 且 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值高。花岗岩体相对富集 Pb 和 K, 贫 Nb, Ta, Ce, P 和 Ti, 略富 Sr, Ba, 亏损 V, Th, Zr, Hf 等高场强元素。花岗岩的稀土元素分异较强, 相对显著富集轻稀土元素, 在稀土元素配分模式上为右倾型。

花岗岩形成于陆内环境, 属于后碰撞花岗岩。一般认为, 岩体形成于加厚地壳减薄转化时期的伸展(拉张)构造环境。深源浅成型岩体, 主要为中酸性岩株或同源岩浆生成的爆发角砾岩; 浅源深成型岩体为大岩型体或岩基^[16]。

1.3.3 岩浆活动与成矿的关系

区内岩体同位素年龄说明, 从中侏罗世(175

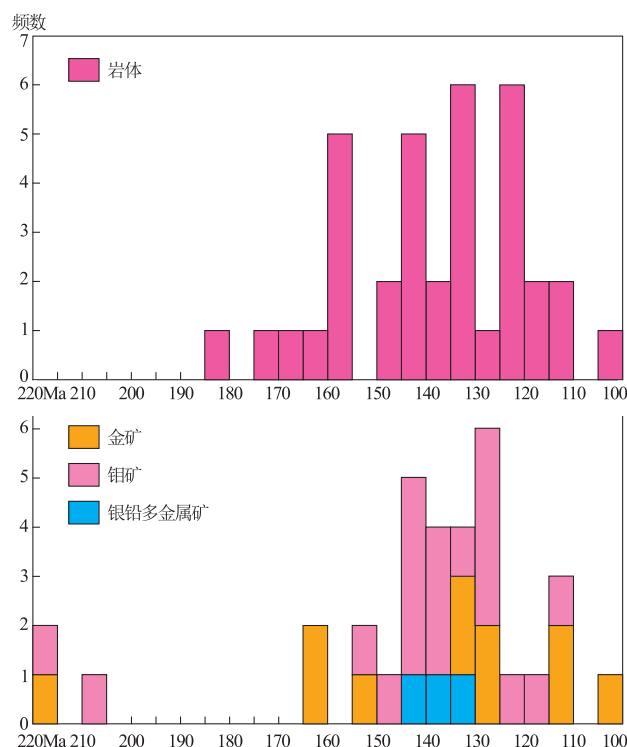


图3 中生代岩体矿床年龄直方图

(数据资料据文献[24-27])

Fig. 3 Histogram of mesozoic rock bodies and ore deposit ages

Ma)开始, 区内岩浆活动基本上是连续的, 一直延续到早白垩世与晚白垩世之间(100 Ma), 是岩浆活动的集中时期; 前曾述及, 从早侏罗世至晚白垩世存在 4 个岩浆活动高潮期, 分别在晚侏罗世 157.5 Ma 和 142.5 Ma, 晚白垩世 132.5 Ma 和 122.5 Ma。本区矿床集中出现于 165~100 Ma, 其中有三个峰值, 分别是 142.5 Ma, 127.5 Ma, 112.5 Ma(图 3)。岩浆活动和成矿集中出现于侏罗纪和白垩纪之间, 主要是晚侏罗世和早白垩世。大规模的成矿时间与岩浆岩大量形成的时间显示出很好的一致性, 表明岩浆活动在成矿过程中起到重要作用。

豫西矿集区普遍存在“小岩体成大矿”^[28]的规律。规模小的岩浆岩体内部或附近的围岩中形成了与岩浆岩体有关的规模相对大而富的矿体^[28-29], 很多小岩体本身就是矿床。小岩体的规模一般都不大, 但往往形成大型或特大型矿床, 岩体的规模与矿床的规模形成巨大反差。这是因为成矿元素并不是来自岩浆本身, 岩浆流体作为矿质元素迁移的载体, 源源不断地将深部矿质元素通过岩浆通道向浅部搬运, 这种流体的体积可以比岩浆体积大很多, 而岩浆在这一过程中起到了运移通道和提供热能的作用^[30-32]。

表 3 豫西地区小岩体成大矿主要矿床表

Table 3 Major ore deposits which occur in small rock bodits in west Henan province

序号	矿床名称	成矿小岩体				矿床规模	成矿元素
		规模/km ²	产状	岩石类型	时代/Ma		
1	金堆城	0.067	岩枝	碱长花岗岩	146	特大型	Mo
2	银家沟	0.80	岩筒	正长花岗岩、二长花岗岩	152~164	大型	S,Mo,Pb,Au
3	夜长坪	0.01	隐伏岩体	正长花岗岩	163	(特)大型	Mo,W
4	石窑沟		隐伏岩体	花岗岩脉		大型	Mo
5	鱼池岭	0.03	筒状	爆破角砾岩	127.2~131.7	特大型	Mo,S
6	雷门沟	0.75	不规则	二长花岗岩	136.2	特大型	Mo,Au
7	上房沟	0.05	岩筒	碱长花岗岩	134~145	特大型	Mo,Fe
8	南泥湖	0.14	椭圆形	花岗闪长岩	141~201	特大型	Mo,W
9	东沟	0.10	半隐状	花岗岩	112	特大型	Mo
10	沙沟	0.10	半隐状	花岗岩		特大型	Ag,Pb,Zn

小岩体成大矿在区内主要表现在斑岩型矿床、火山热液型(爆发角砾岩型)矿床以及叠加改造型矿床,其中又以前者最典型(表 3)。

2 区域矿床成矿系统

华北克拉通(古板块)形成之后,豫西历经了一系列重大地质作用。在多种有利的成矿环境和多种地球动力学的驱动下,产生了大规模的成矿作用,形成了丰富的矿产。目前,豫西矿集区发现的主要矿种有金、钼、银、铅锌、多金属矿等,矿床种类和类型多,同一矿种往往又以多种成因类型的矿床存在。按照矿床的形成环境和成矿作用,可归纳为热液成矿系统类和沉积成矿系统类;其中热液成矿系统类分为 5 种成矿系统(表 4)。

2.1 豫西矿集区成矿系统内部结构

成矿系统的内部结构主要是成矿系统的时间结构、空间结构及物质结构,反映成矿在时间和空间上

的相互联系和相互作用,以及成矿流体的基本特征。

2.1.1 时间结构

区内钼、金、银铅锌矿床同位素年龄数据相当庞杂,本文仅筛选出近期发表的年龄数据讨论成矿时间问题。

本区成矿开始于吕梁期,最晚在燕山期。印支期以前有零星的成矿作用,印支期开始,本区成矿作用逐渐增强,形成一个成矿小高峰;燕山期成矿是本区成矿作用的最高峰,约 85%的矿床形成于燕山期(图 4)。

吕梁期—晋宁期成矿作用较弱,多为单个矿床、断续出现。如吕梁期的桐沟金矿 S503 矿脉、S505 矿脉;晋宁期的驾鹿金矿、寨凹钼矿和龙门店钼矿等。印支期成矿作用较强,以脉状钼矿为主,如大湖钼矿、黄龙铺钼矿、黄水庵钼矿、马家洼钼矿、前范岭钼矿,还有北岭金矿。燕山期成矿作用最强烈,矿床数量和矿产资源量最多,分布密集。矿集区内最主要的特大型—大型钼矿、金矿、银铅锌矿均在燕山期形成。特大型钼矿如南泥湖钼矿、三道庄钼矿、上房

表 4 豫西成矿系统

Table 4 Metallogenic systems in western Henan province

成矿系统类	成矿系统	主要成矿元素	矿化时代	典型矿床
热液成矿	斑岩成矿系统	Mo, W, Fe, S, Pb, Zn, Cu, Au	燕山期	南泥湖、上房沟、东沟、雷门沟、夜长坪、石窑沟、八宝山、曲里、银家沟、后瑶峪、金堆城、石家湾
	脉状钼矿成矿系统	Mo	元古代、印支期	寨凹、龙门店、黄水庵、黄龙铺、纸房、马家洼
	火山热液成矿系统	Mo, Au	燕山期	祁雨沟、鱼池岭、店房
	浅成热液成矿系统	Ag, Pb, Zn, Mo	燕山期	固始沟、蒿坪沟、沙沟、王坪西沟
	叠加改造成矿系统	Au, Ag(Pb, Mo)	元古代、印支期、燕山期	上官、吉家洼、虎沟、干树凹、庙岭、崔香洼、北岭、前河、瑶沟、申家窑、半宽、星星阴、康山、杨树沟、化皮沟、杨寨峪、文峪、东闯、四范沟、大湖、灵湖
沉积成矿	陆相砂岩成矿系统	Au	第三纪	高都川

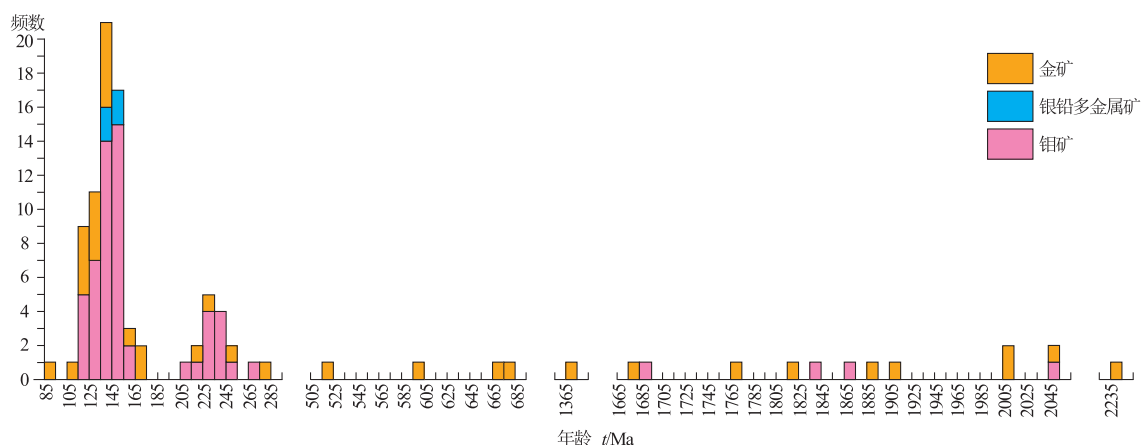


图4 豫西矿集区成矿年龄直方图

Fig. 4 Mineralization age histogram of western Henan ore deposits-clustered district

沟铜矿、鱼池岭铜矿、东沟铜矿、金堆城铜矿、雷门沟铜矿。特大型金矿如文峪-东闯金矿,大型金矿如祁雨沟金矿,特大型沙沟银铅锌矿。

有许多矿床出现了叠加改造成矿的特征,表现在矿床形成年龄上是多时期的,当前比较明确的矿床主要有:杨寨峪金矿成矿年龄为 673 Ma, 161.5 Ma;上宫金矿成矿年龄为 242 Ma, 222.83 Ma, 165 Ma, 115.23 Ma, 113 Ma;崤山金矿,成矿年龄为 1360.67 Ma, 132.95 Ma, 125.96 Ma。

年龄数据表明,本区存在 3 期成矿作用,第一期在元古宙,在地壳伸展过程中形成了部分金矿和铜矿;第二期发生于印支期,主要形成了脉状铜矿,同时,在部分地区发生了金的矿化(如上宫、北岭等);第三期发生于燕山期,在上述矿化的基础上最终完成本区的成矿,形成以铜、金、银铅锌为主的矿产。成矿作用由元古宙—印支期—燕山期逐渐增强,成矿元素由简单变复杂,成矿规模由小变大。

2.1.2 空间结构

矿床分布总体规律是基底区以断裂构造控矿为主,盖层区以岩浆控矿为主。同一类矿床具有丛聚性分布,从而形成区内众多矿田。这些矿田涵盖了区内主要矿床(图 1)。

(1)基底区断裂构造控矿的主要矿田。此类矿田有小秦岭金矿田、崤山金矿田、熊耳山西段浅成热液银铅铜矿田、熊耳山东段金铜矿田、纸房铜矿田、马超营断裂带金铜矿田、曲里—银家沟铜多金属矿田。这些矿田受不同方向和规模的断裂构造控制,成矿多发生在断裂走滑部位。熊耳山东段同时存在斑岩型铜矿、脉状铜矿和爆发角砾岩型金矿,产状和控矿因素复杂。纸房铜矿田均为脉状铜矿,成矿时代为印支期;熊耳山

西段金铜矿田中的铜矿为脉状,成矿时代为元古宙,这些特征反映出矿田结构的复杂性。

(2)空间上明显受花岗岩体控制的主要矿田。如小秦岭金矿田受文峪岩体控制(图 5),并且金地球化学异常的形态和分布范围明显受到岩体的约束。矿脉包体均一温度随着距岩体的距离增大而降低,反映矿床的形成受岩体控制;崤山金矿田中的矿床与其附近的小岩株有关,如申家窑金矿与后河岩体空间分布一致;熊耳山东段金矿与花山花岗岩基有关,金矿分布在岩基外 2~8 km 的范围内;熊耳山西段银铅矿田受隐伏花岗岩和岩株控制^[33]。另外,铜矿和多金属矿明显与酸性小岩体有关,如金堆城铜矿田、银家沟—曲里铜多金属矿田、南泥湖铜矿田、东沟铜矿田等矿田中的矿床均以小岩体为中心分布(图 1)。

2.1.3 成矿系统物质结构

巨型矿床的形成主要在于有着巨量的成矿物质供应与聚集,这种巨量的物质供应与聚集表现为地球上存在成矿元素含量特别富集的地球化学块体^[34,35],对于地球表层化学块体中巨型矿床的聚集地点可以通过套合的地球化学模式谱系来追踪^[35]。大型矿集区的形成,需要巨量的成矿物质作为基础,地球化学块体的规模和结构往往可以作为衡量成矿的物质供应的规模和成矿潜力。

豫西地区的 1:20 万化探异常套合良好(图 6),若以主要成矿元素地球化学块体的下限分别确定为: $w(\text{Au})=1.8 \times 10^{-9}$, $w(\text{Mo})=1.2 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ag})=250 \times 10^{-9}$, $w(\text{Pb})=38 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn})=90 \times 10^{-6}$,其面积分别为 14 906 km², 1 588 km², 2 964 km², 7 585 km², 12 899 km²。

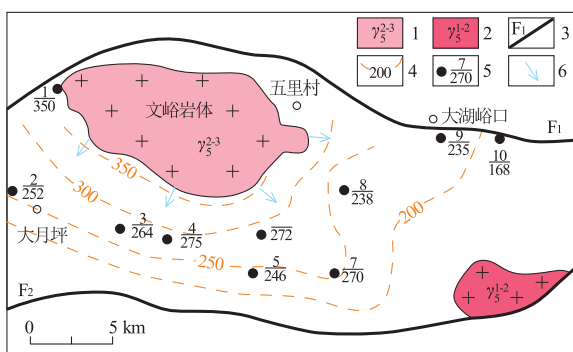


图5 小秦岭地区文峪岩体外围

含金石英脉均一温度变化趋势图^[3]

Fig. 5 Homogenization temperature trend diagram of auriferous quartz veins in surroundings of Wengu rock body of Xiaoqinling area

1. 燕山期二长花岗岩; 2. 角闪花岗岩; 3. 区域性断裂及编号;
4. 等温线; 5. 矿脉代号及温度值(°C); 6. 温度降低方向

以上表明,豫西主要成矿元素 Mo, Au, Ag, Pb, Zn 的地球化学块体规模大,其中 Au, Zn 块体的面积都在 10 000 km² 以上,其他也在数千平方千米,只有 Mo 仅为 1 588 km²。这些地球化学块体主要部分重叠,反映不同类型矿床物质成分具有相似性,也反映不同时期成矿的继承性、燕山期成矿的复杂性及同源性^[36]。

2.2 不同系统矿床成矿元素相似性和矿石矿物复杂性

(1) 尽管区内成矿系统较多,矿床种类多,矿床

类型各异,但各系统矿床的成矿及伴生元素具有明显的相似性。例如,叠加改造成矿系统主要成矿元素为 Au,伴生元素均有 Ag 和 Pb,崤山金矿还伴生 Cu,庙岭金矿还伴生 Zn,上宫金矿和北岭金矿伴生 Te。各成矿系统的矿床多表现为主要成矿元素有区别,而伴(共)生元素具有明显的一致性(表 4)。说明它们在成因上有联系,或者成矿物质具有同源性。其最明显的表现是很多矿床呈现共生关系,如大湖、红庄等金矿同一构造中上部为金矿,下部为钼矿,现在的雷门沟钼矿原来是作为金矿开采的。

(2) 不同成矿系统矿床的稀土元素特征值与地层一致,反映它们的来源均为上地幔。太华岩群为早期陆壳,约有 75% 以上的物质来自地幔;熊耳群中基性火山喷发具有拉斑玄武岩性质。矿床中的稀土元素特征显示以地幔流体为主,此认识得到了 Pb, S, D, O 同位素及包体成分研究成果的支持。

(3) 各成矿系统矿床的矿石矿物表现出相似性,许多重要的金属矿物和脉石矿物相同。同时,不同成矿系统矿床的矿石矿物多数复杂或很复杂,如:上宫金矿矿石矿物多达 78 种,银家沟硫多金属矿有 50 多种,北岭金矿有 58 种,祁雨沟金矿有 38 种。矿石矿物复杂反映成矿作用复杂,主要原因可能是叠加改造成矿或多期次成矿形成,后期成矿作用叠加。

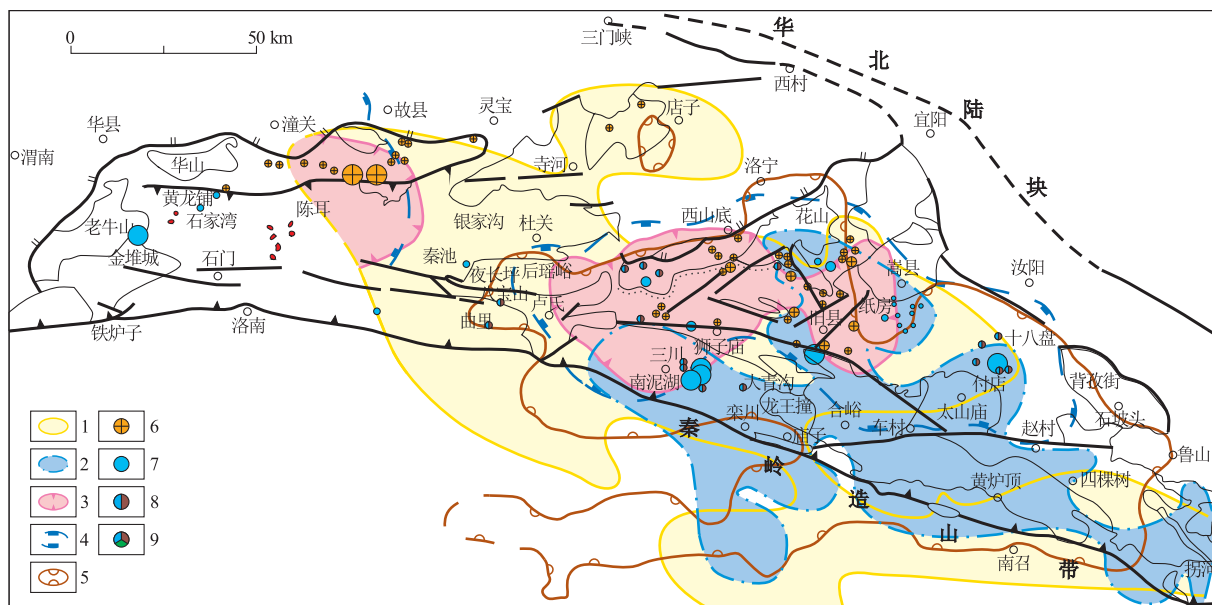


图6 豫西矿集区主要成矿元素地球化学块体平面分布图

Fig. 6 Plan showing distribution of major element geochemical block in the westen Henan ore deposits-clustered district

1. Au 异常; 2. Mo 异常; 3. Ag 异常; 4. Pb 异常; 5. Zn 异常; 6. 金矿床; 7. 钼矿床; 8. 铅锌矿床; 9. 多金属矿床

3 结语

豫西地区处于 NWW 向的秦岭—大别造山带与 NNE 向的华北陆块古拼合带的交汇部位,具有良好的成矿地质条件。经历了古元古代—中元古代大陆裂谷构造阶段,新元古代开始的板块构造体制,古生代至早中生代华北板块、扬子板块与秦岭微板块之间的俯冲消减与碰撞阶段,中生代时期则受陆内后造山构造作用的影响。豫西矿集区是在地质构造长期演化的基础上,主要是中生代以来深部地幔动力学和岩石圈圈层关系调整变动的产物^[37]。

(1)豫西矿集区位于华北陆块和秦岭造山带的接合部,两个地块中生代以来的碰撞汇聚控制了本区的构造-岩浆-成矿作用,太平洋板块向欧亚大陆俯冲的远程效应对本区域应力转换产生了重要的影响,软流圈物质上涌,大规模岩浆活动,形成了本区构造-岩浆-成矿作用的格局。

(2)豫西矿集区主要金属矿床均为热液型矿床,可以分为 5 种成矿系统。成矿系统的时空结构、物质结构以及成矿规律表明,各成矿系统具有十分密切的联系,它们在物质来源、成矿地质背景、成矿动力学因素上相同或相似。

(3)豫西矿集区存在元古宙、印支期、燕山期 3 次较强的成矿作用,他们分别对应于地壳伸展,强烈挤压造山和地壳伸展及岩浆活动,成矿作用依次由弱变强,成矿元素由简单变复杂,矿床规模由小变大。燕山期成矿受岩浆岩体控制,因而具丛聚性,其成矿作用是在元古宙、印支期成矿的基础上发生的,往往具有叠加改造效应,形成叠加改造型矿床,这些矿床成矿元素复杂(为复合矿床),矿石矿物复杂,易于形成超大型、大型矿床。

致谢:承蒙《中国地质》编辑部王学明老师对本文原稿提出宝贵意见;感谢河南省地矿一院樊启厚、王佐舟、王振中、李应喜、王景智、郜木松、孟宪锋等专家教授的悉心指导。感谢审稿老师和编辑老师对本文提出宝贵的修改意见!

参考文献:

- [1] 陈衍景,富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京:地震出版社,1992:1-234.
- [2] 卢欣祥,尉向东,董有,等. 小秦岭—熊耳山地区金矿特征与

- 地幔流体[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [3] 黎世美,瞿伦全,苏振邦,等. 小秦岭金矿地质和成矿预测[M]. 北京:地质出版社,1996:1-178.
- [4] 毛景文,胡瑞忠,陈毓川,等. 大规模成矿作用与大型矿集区[M]. 北京:地质出版社,2005:684-771.
- [5] 周作侠,李秉伦,郭抗衡,等. 华北地台南缘金(钼)矿床成因[M]. 北京:地震出版社,1993:1-269.
- [6] 王平安,陈毓川,裴荣富,等. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化[M]. 北京:地质出版社,1998:1-161.
- [7] 冯建之,岳钟生,肖荣阁,等. 小秦岭深部金矿成矿规律与成矿预测[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [8] 於崇文. 成矿动力系统在混沌边缘分形生长——一种新的成矿理论与方法(下)[J]. 地学前缘,2001,8(4):471-489.
- [9] 翟裕生. 地球系统、成矿系统到勘查系统[J]. 地学前缘,2007,14(1):172-181.
- [10] 翟裕生,王建平,邓军,等. 成矿系统时空演化及其找矿意义[J]. 现代地质,2008,22(2):143-150.
- [11] 翟裕生,邓军,崔彬,等. 成矿系统及综合地质异常[J]. 现代地质,1999,13(1):99-104.
- [12] 翟裕生,彭润民,邓军,等. 成矿系统分析与新类型矿床预测[J]. 地学前缘,2000,7(1):123-132.
- [13] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘,1999,6(1):13-27.
- [14] 冯建之,孙卫志,牛树银,等. 熊耳山热柱-幔枝构造体系及其控矿作用[J]. 地质找矿论丛,2011,26(2):143-150.
- [15] 冯建之. 小秦岭金矿床成矿作用及成矿物质来源[J]. 现代地质,2010,24(1):11-17.
- [16] 卢欣祥. 秦岭花岗岩揭示的造山过程——秦岭花岗岩研究进展[J]. 地球科学进展,1998,13(2):102-103.
- [17] 卢欣祥. 东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列[J]. 地质论评,1994,40(5):418-428.
- [18] 庞振山,杜杨松,燕建设,等. 河南省西部地区中生代花岗岩类地质特征及成因[M]. 郑州:黄河水利出版社,2006:1-136.
- [19] 叶会寿,毛景文,徐林刚,等. 豫西太山庙铝质 A 型花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地球化学特征[J]. 地质论评,2008,54(5):699-711.
- [20] 包志伟,曾乔松,赵太平,等. 东秦岭钼矿带南泥湖-上房沟花岗斑岩成因及其对钼成矿作用的制约[J]. 岩石学报,2009,25(10):2523-2536.
- [21] 高昕宇,赵太平,原振雷,等. 华北陆块南缘中生代合峪花岗岩的地球化学特征与成因[J]. 岩石学报,2010,26(12):3485-3506.
- [22] 瞿伦全,黎世美,翟雷,等. 熊耳山北坡金矿地质特征及远景预测研究[R]. 洛阳:河南省地质矿产厅第一地质调查队,1993:1-134.
- [23] 范光,张子敏,张邻素. 熊耳山区花岗岩特征及其与金矿化的关系[J]. 铀矿地质,1995,11(4):207-213.
- [24] 王晓霞,王涛,齐秋菊,等. 秦岭晚中生代花岗岩时空分布、成因演变及构造意义[J]. 岩石学报,2011,27(6):1573-1593.
- [25] 迟清华,鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北

- 京:地质出版社,2007.
- [26] 毛景文. 深部流体成矿系统[M]. 北京:中国大地出版社, 2003.
- [27] 胡浩,李建威,邓晓东. 洛南—卢氏地区与铁铜多金属矿床有关的中酸性侵入岩锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2011, 30(6): 979-1002.
- [28] 汤中立. 中国的小岩体岩浆矿床[J]. 中国工程科学, 2002, 4(6): 9-12.
- [29] 汤中立,李小虎. 两类岩浆的小岩体成大矿[J]. 矿床地质, 2006, 26(增刊): 35-38.
- [30] 李文渊,汤中立,张照伟,等. 对小岩体成矿的认识及其找矿意义[J]. 西北地质, 2012, 45(4): 61-68.
- [31] 宋谢炎,陈列猛. “小岩体成大矿”的核心——岩浆通道系统成矿原理、特征及找矿标志[J]. 西北地质, 2012, 45(4): 117-127.
- [32] 罗照华. 小岩体成大矿学说的内涵和意义[J]. 西北地质, 2012, 45(4): 204-215.
- [33] 陈旺,郭时然,崔毫. 豫西熊耳山铁炉坪、蒿坪沟矿床银铅矿石稳定同位素研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(4): 213-218.
- [34] 谢学锦,刘大文,向运川,等. 地球化学块体——概念与方法的进展[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 225-233.
- [35] 谢学锦,邵跃,王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[M]. 北京:地质出版社, 1999.
- [36] 孙卫志,张灯堂,孟宪锋,等. 豫西矿集区 Au、Mo 地球化学块体分布特征及资源潜力分析[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 349-358.
- [37] 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辑), 1996, 26(3): 193-200.

Preliminary study on the metallogenic system in western Henan ore deposits-clustered district

ZHANG Dengtang^{1,2}, ZHAO Chunyong^{1,2}, FENG Jianzhi^{1,2}, CUI Xiexiang¹, WANG Xingcun^{1,2},
GAO Rongde¹, LIU Zongyan¹, SUN Dongping³, XU Wenchao^{1,2}

(1. No. 1 Institute of Geological & Mineral Resources Survey of Henan, Luoyang 471023, Henan, China;

2. Key Laboratory of Gold and Silver Polymetallic Mineralization Series and Deep Prediction
in Henan province, Luoyang 471023, Henan, China;

3. Mining Development Center of Sanmenxia, Sanmenxia 472000, Henan, China)

Abstract: The western Henan ore deposits-clustered district is characterized by multi-mineral resources, large size and dense distribution of the ore deposits. The metallogenic system includes porphyry hydrothermal, vein-type Mo, volcanic hydrothermal, epithermal, printing and reworking, and terrestrial sandstone, the 6 metallogenic systems. Temporarily metallogeny of Proterozoic, Hondo-china and Yanshanian eras occur in the deposits-clustered district and the later overprinted on and reworked the former. Spatially the metallogenic systems are controlled by sub-mantle plume, geochemical block and hot spot showing complex ore materials but similarity and same source and multi-ore minerals and by-product elements. The western Henan ore deposits-clustered district is exposed to intense crustal movement and experienced multi-evolution. Temporarily and spatially the metallogenic systems are well coincided with the crustal evolution history of the west Henan province and the ore-forming mechanism internally connected.

Key Words: the ore deposits-clustered district; metallogeny; metallogenic system; the east Qinling; Henan province