

秦岭地区成矿单元划分

姜寒冰¹, 李宗会¹, 杨合群¹, 董福辰¹, 谭文娟¹, 贾健¹, 孙颜龙²

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

2. 陕西矿业开发工贸公司, 陕西 西安 710054)

摘 要: 成矿单元是成矿意义上的地质单元。笔者在继承全国矿产资源潜力评价项目发布的中国成矿单元 I 级(成矿域)、II 级(成矿省)、III 级(成矿区带)最新划分方案的基础上,对秦岭地区 5 个 III 级成矿单元(成矿区带)界线进行修正,以较明显的地层、构造和岩浆带特征及相关的主成矿作用为标志,划分 15 个 IV 级成矿单元(成矿亚区带),并概述各 IV 级成矿单元的地质矿产特征。

关键词: 秦岭地区;成矿区带;成矿亚区带

中图分类号: P612

文献标识码: A

文章编号: 1009-6248(2014)02-0146-10

Division of Metallogenic Unit in the Qinling Area

JIANG Han-bing¹, LI Zong-hui¹, YANG He-qun¹, DONG Fu-chen¹,

TAN Wen-juan¹, JIA Jian¹, SUN Yan-long²

(1. Xi'an Geological Survey Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, China;

2. Industrial and Trading Mining Derelopment Company, Xi'an 710054, China)

Abstract: Metallogenic unit is a geological unit on their terms of metallogenic significance. The latest classification scheme about Chinese metallogenic units released by the national mineral resource potential assessment project includes Level I (Metallogenic domain), Level II (metallogenic provinces) and Level III (metallogenic belts). This article revises boundaries of the five Level III metallogenic units (metallogenic belts) in the Qinling area on the basis of the inheritance of this previous classification scheme. Then the five Level III metallogenic units are divided into 15 Class IV metallogenic units (metallogenic sub-zones) as a symbol of according to significant stratigraphic, tectonic and magmatic belt characteristics and as well as relevant major associated mineralization. Furthermore, there is a summary about geology and mineral characteristics features of every Class IV metallogenic unit (metallogenic sub-zones) are summarized in this paper.

Key words: Qinling Area; metallogenic units; metallogenic sub-zones

成矿单元是成矿意义上的地质单元,一般划分 5 级: I 级:成矿域, II 级:成矿省, III 级:成矿区带, IV 级:成矿亚区带, V 级:矿田或远景区。宋小文等(2004)进行陕西省成矿区带的划分,将秦岭造山带

划分北秦岭成矿带和南秦岭成矿带;张新虎等(2008)进行了甘肃省成矿区带划分,将秦岭造山带划分中北秦岭成矿带和南秦岭成矿带;近年进行的全国矿产资源潜力评价项目中,徐志刚等(2008)发

收稿日期: 2014-01-30; **修回日期:** 2014-02-20

基金项目: 国家专项“西北地区矿产潜力评价”项目(1212010881632)和“新疆重要成矿带及整装勘查区矿产勘查部署与成果集成”项目(12120113042900)

作者简介: 姜寒冰(1979-),女,助理研究员,从事成矿规律与矿产预测研究。E-mail:jianghanbing1980@126.com

布的中国成矿区带划分方案则将秦岭造山带划分为西秦岭成矿带和东秦岭成矿带。笔者力求吸取各家所长,提出兼顾上述东西南北关系的Ⅲ级和Ⅳ级成矿单元划分方案,并概论各单元地质矿产特征,为进一步总结矿产分布规律奠定基础。

1 成矿区带的修订

成矿单元实际上是按一定地质构造遗迹为标志划分的用以阐明矿产分布的空间范围。成矿区带一般按地块与周缘造山带各自范围划定,但考虑较大地块边部经常受晚期造山的影响,隆起遭强烈剥蚀,而地块中心盆地常常为中新世代沉积覆盖,表现矿产分布特色不同。因此,在地块中心盆地和边缘隆起分别建立成矿带。笔者认为成矿区带命名时不必过于强调时代和矿种,因为随着地质调查工作的进行,未知的矿产种类在不断被发现,未知的成矿事件也在不断被认识。

1.1 东西和南北划分的兼顾

徐志刚(2008)的方案中,划分东秦岭成矿带(Ⅲ-66)和西秦岭成矿带(Ⅲ-28),二者分界选在宝成铁路通过的位置,最大不足是把空间上相邻、成因上相同的甘肃西成铅锌矿田与陕西凤太铅锌矿田划开。而宋小文等(2004)对秦岭以商丹缝合带为界划分北秦岭成矿带和南秦岭成矿带,似乎更加符合徐志刚(2008)专著中提出的成矿区带划分原则。北秦岭成矿带(Ⅲ-66A),南秦岭成矿带(Ⅲ-66B),西秦岭成矿带(Ⅲ-28)三者中,后二者大地构造性质、地质建造、成矿特点具有许多类似性,分界调整在佛坪隆起。该隆起主要地层为前寒武纪佛坪杂岩,缺失早古生代地层,晚古生代的泥盆系非常狭窄地从隆起北侧黄柏塬一带通过,此处未发现矿产地,因此黄柏塬可作为划分最佳位置。

1.2 勉略阳三角地带归属待修订

按照成矿地质背景研究成果,勉县-略阳-阳平关三角地带不应归扬子成矿省,而应归巴颜喀拉-松潘成矿省。但考虑到该三角地带之西的大片地带属四川。因此,本报告仍按徐志刚等(2008),仍放在“龙门山-大巴山成矿带(Ⅲ-73)”。

2 成矿亚区带的划分

成矿带的划分过程,实际上突出了板块构造体

制,忽略了晚期地质构造作用。成矿亚带在各成矿区带内,以明显的地层、构造和岩浆带及相关的成矿条件分析来划分,具体地区具体分析。Ⅲ级单元(成矿区带)编号尽量沿用徐志刚等(2008),Ⅳ级单元(成矿亚区带)的编号则在Ⅲ级单元(成矿区带)的基础上进行:Ⅳ级标志+所属Ⅲ级单元号+Ⅳ级序号。例如,Ⅳ-63①,Ⅳ-63②。

笔者提出的秦岭地区成矿单元划分方案见表 1(图 1)。

表 1 秦岭地区成矿单元划分一览表
Tab.1 The Metallogenic units division in the Qingling Area

Ⅱ级(成矿省)	Ⅲ级(成矿带)	Ⅳ级成矿亚带
华北成矿省	Ⅲ-63 华北陆块南缘成矿带	Ⅳ-63①太华台拱成矿亚带
		Ⅳ-63②金堆城-楼房村成矿亚带
秦岭成矿省	Ⅲ-66A 北秦岭成矿带	Ⅳ-66A①天水-太平峪-麟岭成矿亚带
		Ⅳ-66A②太白-商洛-玉皇尖成矿亚带
		Ⅳ-66B①柞水-山阳成矿亚带
		Ⅳ-66B②宁陕-镇安-白河成矿亚带
	东段(Ⅲ-66B)	Ⅳ-66B③石泉-紫阳-镇坪成矿亚带
		Ⅳ-66B④佛坪成矿带
		Ⅳ-28①夏河-西和-凤县-黄柏塬成矿亚带
		Ⅳ-28②碌曲-岷县-徽县成矿亚带
	西段(Ⅲ-28)	Ⅳ-28③玛曲-舟曲-留坝成矿亚带
		Ⅳ-28④玛曲(西倾山)成矿亚带
上扬子成矿省	Ⅲ-73 龙门山-大巴山成矿带	Ⅳ-73①碧口-阳坝成矿亚带
		Ⅳ-73②宁强-镇巴成矿亚带
		Ⅳ-73③汉南-碑坝成矿亚带

3 各成矿单元地质矿产特征

3.1 华北陆块南缘成矿带(Ⅲ-63)

对应宋小文等(2004)“小秦岭-豫西成矿带”,呈近东西向横亘于陕西、河南两省,长约 300 km,宽 70 km,北以小秦岭山前断裂为界,与汾渭新生代地堑相邻,南以铁炉子-栾川断裂为界,与北秦岭成矿带相邻,是一个受隆起发展和深断裂控制的构造岩

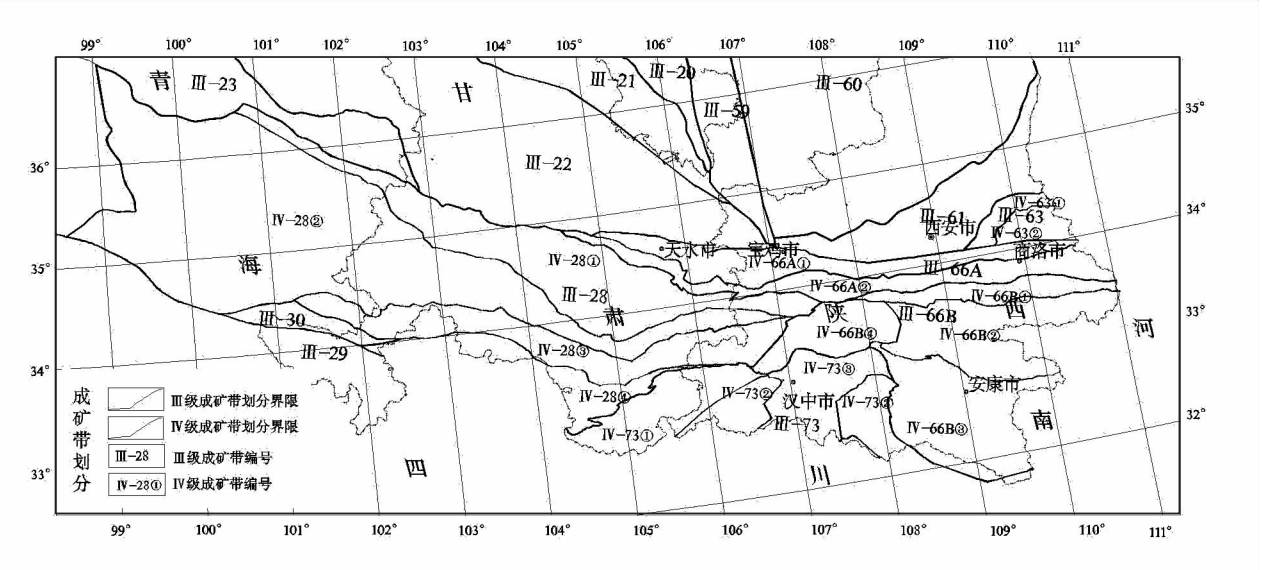


图 1 秦岭地区成矿带划分示意图

Fig.1 Map of metallogenic belts division in the Qinling Area
(各成矿单元名称参见表 1)

浆带。

结晶基底由新太古宙太华群杂岩(Ar)和古元古代铁铜沟群(Pt₁)组成,二者为构造不整合关系。

该区盖层以区域性构造不整合于下伏早前寒武纪结晶基底之上,发育中上元古界,寒武系,少量奥陶系,普遍缺失中奥陶统一石炭统,而上石炭统至三叠系主要出露在该区北缘。这些岩层虽与华北地块间有晚期断层分割,但它们原与华北地块内部是连通一致的。侏罗系及其以上的中生界则多以断拗陷盆地陆相沉积岩层为特征。虽然盖层总体属华北型,但所不同的是该套华北型盖层火山-沉积岩层由于长期受秦岭板块俯冲碰撞作用影响,发生构造变形,并且向南逐渐发育低绿片岩相变质作用。

已知太华群是中国重要金矿产地,而地块南缘的燕山期岩浆岩带则是钼多金属的重要成矿带,并可进一步划分为 2 个成矿亚带:

(1)太华台拱成矿亚带(IV-63①):相当于太华台拱。位于陕豫隆起北部,为一长期隆起区,由太古宇太华岩群和古元古界铁铜沟组及花岗岩组成。区内花岗岩分布较广,多呈面积较大的岩基,既有太古代—古元古代的古侵入体(片麻岩套),又有燕山早期的花岗岩体。区内构造复杂,表现为一系列近东西向的褶皱、断裂带、挤压片理化带。太华岩群组成了区内的大型复背斜,轴向总体近东西,在此基础上

叠加了北东向的褶皱和断裂。太华岩群是陕西境内重要的赋金地层,小秦岭金矿田中几个大中型石英脉型金矿床多分布于太华岩群的大月坪组之中。区内另一类型的金矿为构造蚀变岩型。例如,洛南葫芦沟金矿床和兰田湘子岔金矿床,它们产于断裂带中,呈脉状或脉群平行排列或斜列。小秦岭金矿成矿物质主要来自太华群,韧性剪切带,断裂破碎带加上燕山期花岗岩的侵入,为 Au 的进一步活化、迁移提供了热动力和负压容矿构造条件,最终导致 Au 的富集成矿(王斌,2009)。

位于华阴市华阳川的铀钼铅矿床,产于太华岩群中,受北西向华阳川断裂控制,U、Nb、Pb 等元素即赋存于分布在构造带内的伟晶岩脉、方解石-石英脉、重晶石-石英-方解石脉和方解石脉中,构成以 U、Pb 为主,伴生 Nb、Cd、Be、Sr、稀土的大型多元素低品位综合矿床。分布于潼关一带的晶质石墨矿床产于太华岩群板石山组的深变质岩系中,为变质作用形成的大型矿床。潼关立峪蛭石矿床则由太华岩群富云母的深变质岩剥露地表经风化形成。

(2)金堆城-楼房村成矿亚带(IV-63②):相当于金堆城元古—早古生代上叠盆地。位于太华台拱之南,为一拗陷区。是华北著名的钼矿富集区。出露地层中有中元古界长城系熊耳群和高山河群、蓟县系官道口群、青白口系栾川群和震旦系。区内中生

代侵入岩发育,中酸性岩体分布广、数量多。按其产出地质构造环境、产状、规模及成因分为大岩基和小岩体2类。前者如老牛山、华山等岩体,它们可能与黑钨矿成矿有关;后者则成群、成带分布,如金堆城岩体、黑山岩体群(6个岩体)、木龙沟岩体群(6个岩体)、永坪岩体、长岭岩体等,具有明显的等距性。这些岩体或岩体群除形成斑岩型钼矿床外,还与铁(木龙沟)、铁铜(黑山)、铜钼(永坪)、钾长石(长岭)等矿产成矿关系密切,洛南石门马家沟钼矿位于区内。

区内金属矿产有金、钼、铁及以铅、锌为主的多金属矿床,其中钼矿为斑岩型矿床,代表性矿床有金堆城、黄龙铺等;金为中低温热液矿床,代表性矿床有桐峪金矿床。钼矿形成时代除黄龙铺钼矿形成于(221.5±0.3) Ma外,主要集中于(144.8±2.1)~(132.4±2.0) Ma(李永峰等,2005),说明以燕山期成矿为主。

3.2 北秦岭成矿带(Ⅲ-66A)

北秦岭造山带呈近东西向横亘于陕西横跨中部,长约500 km,宽30~50 km,北以铁炉子-栾川断裂为界,与华北南缘成矿带及山西隆断成矿带衔接,南以凤县-丹凤-桐柏断裂带为界,与南秦岭相邻,断裂及岩浆活动发育。该带主体由中一新元古界的秦岭群和早古生代二郎坪群的一套蛇绿混杂岩或俯冲杂岩构成。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。已发现小型金、银、铜矿及石墨等非金属矿床(点);中元古界宽坪群原岩为中基性火山岩-陆源碎屑岩,与铜、金、铅锌成矿关系密切;草滩沟群(陕西部称二郎坪群)为浅变质中、酸性火山岩和正常沉积碎屑岩夹碳酸盐岩组成。中生界、新生界为山间盆地沉积主要发育劣质煤等矿产。

北秦岭自北向南展布早古生代草滩沟群、斜峪关群、云架山群、二郎坪群、元古代秦岭群和早古生代丹凤岩群等,形成了物质组成、变质变形、形成时代有所不同变质地层-构造岩带,它们之间均以复杂韧性断裂带分割。该区是主要的铜、镍、铁及稀有金属成矿带,可划分2个成矿亚带:

(1)天水-太平峪-蟒岭成矿亚带(Ⅳ-66A①):出露的地层为新元古界宽坪群、早古生代草滩沟群、斜峪关群、云架山群、二郎坪群。二郎坪群主要为一套火山-沉积岩系,化石时代为奥陶纪-志留纪(张国

伟等,2001);宽坪群主要由一套变质变形达绿片岩相-低角闪岩相的基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩组成,形成时代为中一新元古代(986~1 753 Ma)(张国伟等,2001;何世平等,2007);奥陶系为浅变质碎屑岩、火山岩。区内华力西期和印支期花岗岩发育,为金矿床的形成和再富集提供了条件。区内矿产以金、银、铜、铅锌、铁、锡、铬、硫铁矿、磷为主。铜矿与奥陶纪-震旦纪干岔沟组变安山质角砾凝灰岩、变安山质角砾熔岩及变安山-英安质角砾岩有关,主要为一套基性火山岩建造,产有眉县铜峪铜矿(伴生Co)、磨石峪铜锌矿、周至县西骆峪铜锌矿(伴生Ag、Co)等。铜峪铜矿火山岩锆石的U-Pb加权平均年龄为462.2±7.0 Ma(李桦,2010)。与中酸性侵入岩有关的铁多金属、钨钼萤石矿产于蟒岭、牧护关花岗岩夹持的宽坪岩群分布区,成矿与区域性断裂旁侧的次级断裂及花岗岩关系密切,皇台铁铜矿床、南台钨、钼矿床、龙庙铅锌矿床为代表矿床;与活化区地下热水有关的铍矿产于秦岭岩群含石墨大理岩底部的层间裂隙与横向断裂交汇处,以蔡凹铍矿床为代表矿床;武山-天水地区分别以两当县大店沟金矿和两当县柳梢沟银金矿、天水市太阳山铜矿、天水市分水岭铅锌矿和天水市范家寺铁矿、清水县别锡沟锡矿、武山县李家沟硫铁矿为代表。

(2)太白-商洛-玉皇尖成矿亚带(Ⅳ-66A②):该区北部分布古元古界秦岭群、早古生代侵入岩体和花岗伟晶岩脉。南部边缘的商南-丹凤缝合带是由丹凤火山-沉积岩系与弧前沉积楔及丹凤蛇绿岩组成。

秦岭岩群为一套中深变质杂岩,主体由片麻岩、角闪岩和大理岩组成,变质程度主要为角闪岩相,局部达麻粒岩相,其形成年龄为2 226~1 987 Ma(张宗清等,1994;杨立等,2010),经历新元古代(1 000~800 Ma)和早古生代的变质变形(陈丹玲等,2004;张国伟等,2001)。花岗伟晶岩脉侵入于秦岭群深变质岩系及片麻状黑云-二长花岗岩中,呈脉状及岩墙状产出,与围岩界线清楚。区内有太白县安沟梁锂矿,属加里东期花岗伟晶岩型矿床。与动力变质作用有关的石墨、矽线石、红柱石矿分布于秦岭岩群中,成矿受沉积建造与区域变质作用控制,矿床类型主要为沉积变成型,寺沟红柱石矿床、庾家河石墨矿床为代表矿床。位于商丹断裂以北-玉皇尖一带,铁炉子-三要断裂以南的区域内,矿产以铜、镍及

稀有金属为主,区内矿体与加里东期富水基性杂岩体产有岩浆分异型商南县金盆镍钴铜矿(伴生铂族元素),花岗伟晶岩脉产有锂矿,在北部商州、丹凤一带分布有热液型锑矿。位于北秦岭构造带南缘,商丹主边界断裂带产出松树沟铬铁矿床、泥鳅凹、金沟凹铬矿点的镁质超基性岩(m/f 值为8.26~11.36)侵位于古元古界秦岭群。陆松年等对粗粒纯橄榄岩、方辉橄榄岩及其中的橄榄石、斜方辉石、铬尖晶石等进行了单矿物 Sm-Nd 等时线测年,获得 1084 ± 73 Ma 的年龄(陆松年等,2004);全岩-矿物 Sm-Nd 等时线年龄 $1\ 079 \pm 63$ Ma(陈志宏,2004),形成于中元古代晚期小洋盆环境,与南侧商丹缝合带蛇绿岩没有关系。

现有的研究证明丹凤群是位于商丹板块主缝合带中,遭受多期断裂构造强烈改造,包括不同时代、不同性质、不同来源的构造岩块的构造混杂拼合组合体。研究认为,由于它是一个板块俯冲碰撞的蛇绿岩构造混杂带又叠加后期多次断裂构造混杂,使之混杂包容、复合叠加、变质变形构造重新组合而不易区分所致。关于丹凤蛇绿岩的形成时代,在该蛇绿岩带发现放射虫化石(O—S),可以确定该岩套形成于古生代(崔智林等,1995)。在该亚带鸳鸯镇镁质超基性岩体发现铬铁矿化。

3.3 南秦岭成矿带(III-66B、III-28)

南秦岭成矿带位于武山-天水-商南-丹凤断裂以南,文县-玛曲-勉县-略阳断裂以北。构成秦岭造山带大部分的南秦岭造山带是在中—新元古代古老基底或隆起的基础上发育起来的中—晚古生代裂陷盆地沉积,其间以佛坪隆起分为东西两大沉陷盆地(车自成等,2002),即旬(旬阳)-镇(镇安)和合作-礼县盆地,两盆地均以热水沉积型铅锌、汞锑及金银成矿系列为其主要特征。旬(旬阳)-镇(镇安)盆地属于南秦岭东段(有时也简称南秦岭),合作-礼县盆地属于南秦岭西段(有时也简称西秦岭)。上古生界属海相陆源碎屑-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。该成矿带金属矿产以金、铅锌、汞锑、铁、钒等为主,非金属矿产也较普遍。

3.3.1 南秦岭成矿带东段(III-66B)

南秦岭东段进一步划分为4个成矿亚带:

(1)柞水-山阳成矿带(IV-66B①):处于商南-丹凤断裂与凤镇-山阳断裂间,属于南秦岭古生代褶皱

带,出露上泥盆统池沟组、青石垭组、下东沟组和下石炭统二峪河组,为一套泥岩、碎屑岩及少量碳酸盐岩沉积的复理石建造,产有丰富的金、铅、锌和铜矿床(王瑞廷等,2008)。上泥盆统青石垭组发育2种类型矿床:①以热水喷流沉积改造型桐木沟锌矿、银洞子银铅锌矿床、大西沟菱铁矿-重晶石矿床。②以热水喷流沉积矿源-热液再造型穆家庄铜矿床、韭菜沟金矿。区内岩浆侵入活动北强南弱,沿商丹加里东结合带的南侧有大面积的深成重熔花岗岩,主要有柞水岩体、东江口岩体群和晚古生代石英闪长岩。另外,在池沟、土地沟、马阴沟、白沙沟、小河口等地多处发育小岩体,这些岩体与细碎屑岩和碳酸盐岩侵入接触,岩体铜、钼、铁矿化普遍,在小河口形成小型矽卡岩铜矿床(张本仁等,1989)。

(2)宁陕-镇安-白河成矿亚带(IV-66B②):该区主体是一个受控于武当古陆西缘和南北向同生断裂而发展起来的南北向盆地,即镇(安)旬(阳)盆地,总体为一浅海陆棚区。下古生界的寒武、奥陶系分布于东段的武当古陆边缘,区内出露地层主要为泥盆系和志留系,是成矿带内分布最广,面积最大的地层。泥盆系平行不整合或超覆于下伏的志留系之上,其上沉积有石炭系、二叠系和三叠系。没有较大侵入岩体出露。区内矿产以汞、锑、金、铅、锌为主,并有铁、钼、铜、(白)钨、滑石、石墨、白云母、蓝石棉、金红石、磷等,分别产于不同时代的地层中。主要矿床有:锡铜沟铅锌矿、金龙山金矿床(大型)、西坡岭-丁家山汞锑矿床。金龙山金矿产于上泥盆统南羊山组和下石炭统袁家沟组中,赋矿岩石为粉砂岩-页岩、页岩-碳酸盐岩组成的韵律层,另一方面又表明矿体受韧性剪切带控制并伴随有微弱蚀变(杨永春等,2011)。旬北地区志留系铅锌矿床产于细碎屑岩中,矿体呈层状、似层状及透镜状,与地层整合产出,产状与围岩一致,并与围岩发生同步褶曲。矿石以单锌矿石为主,其次为铅锌混合矿石,单独的铅矿石比较少见。本区铅锌矿床属热水沉积-改造成因,成矿金属物质主要来源于盆下基底岩石和地层深部,S来源于海水硫酸盐还原S,成矿流体主要为下渗海水(赵国斌,2005)。旬北地区志留系铅锌矿的发现使得秦岭地区热水沉积型铅锌含矿层的层位从泥盆系向下又拓展了一个新层位,是秦岭成矿带寻找铅锌矿的一个新的找矿方向,具有巨大的找矿潜力。

(3)石泉-紫阳-镇坪成矿亚带(IV-66B③):该区

分布有汉阴、平利2个变质核杂岩区,出露武当岩群(Pt_2)及耀岭河岩组(青白口系)。它们组成了本区的构造基底。地层主要是一套早古生代(Z-S)含锰、磷、铅锌、重晶石等沉积矿物的黑色岩系,并广泛发育有加里东期含钛磁铁矿的偏碱性基性岩墙状侵入体。区内褶皱和断裂发育。以瓦房坝-曾家坝断裂为界将区内的矿产分为南北2条矿带。北带为安康-平利重晶石成矿带,以沉积型重晶石矿床为主,并有金红石、黄铁矿等,它们大致分布在牛山和平利变质核杂岩区周边的寒武-志留系中;南带为紫阳(高桥)-镇坪(双坪)铁钛(钛磁铁矿)、磷灰石成矿带,以产于偏碱性基性岩中的钛磁铁矿和磷灰石为主。在黑色岩系地层中发现有沉积型钼矿点。在石泉-神河韧性滑脱逆冲推覆带中相继发现并初步评价了黄龙、鹿鸣、烂木沟、水田坪、酒店、长沟、吴家湾、柳坑、白果树、刘家沟、黑龙洞、岩屋沟等10余处金矿床、矿点,显示出区内巨大的找矿潜力。

(4)佛坪成矿亚带(IV-66B④):该区为佛坪隆起区,位于东、西秦岭结合部位,是中央造山系与贺兰-龙门-川滇南北构造带的交接点,以前寒武纪基底岩系穹状出露和大规模印支期岩浆侵入为其主要特征。佛坪地区岩石建造可划分为隆起核部的结晶基底、过渡基底、外围盖层及华力西-印支期中-酸性侵入体(查显锋等,2010)。结晶基底杂岩主要出露于佛坪县城和其北龙草坪一带,前者主要是一套石榴黑云斜长片麻岩-刚玉黑云钾长片麻岩-斜长角闪岩组合,即佛坪岩群,后者则为角闪斜长片麻岩-黑云斜长片麻岩组合,刚玉矿化是该岩系的特色矿产。盖层岩系为古生代变沉积岩系,从寒武系到石炭系都有不同程度的出露,并呈近东西向展布,主要分布于西岔河以南。该区侵入岩体广泛出露,主要为华力西期英云闪长岩(285 Ma, Rb-Sr 等时线年龄)(朱铭,1995)和印支期二长花岗岩,在有关的伟晶岩中发现稀有金属矿线索,具一定找矿潜力。

3.3.2 南秦岭成矿带西段

该区矿产十分丰富,尤以金、铅锌和汞锑矿床著称。南秦岭西段(III-28)进一步划分为4个成矿亚带:

(1)夏河-西和-凤县-黄柏塬成矿亚带(IV-28①):该带分布在秦祁结合部位,为晚古生代裂陷海槽中的一个次级盆地。出露地层主要为泥盆统、石炭统、二叠纪,岩性以碳酸盐岩为主,其次为火山岩、

火山碎屑岩、碎屑岩和灰岩、生物礁灰岩、砂板岩及砂岩等。泥盆系为碳酸盐-碎屑岩建造,是金、多金属及汞锑等矿物的赋矿岩系。地质构造发育,燕山期、华力西期中酸性岩浆岩十分发育,形成岩基、岩体、岩群和岩脉。区内矿产以铅、锌、金为主,并有铜、银、锑、钼、铀矿产,主要有热水沉积型铅锌矿和构造蚀变岩型金矿等,代表性矿床有厂坝铅锌矿、八卦庙金矿等。中泥盆统和中石炭统是最主要的铅锌含矿层位。赋存于泥盆系碳酸盐岩中 Sedex 型铅锌矿有著名的陕西凤太矿和甘肃西成矿田,再西延下拉地-代家庄一带产有窑沟、下拉地、代家庄、半沟等铅锌矿床。在岷礼东部“中川岩体群”外围,赋存有李坝、金山、马泉、锁龙大等金矿床多处;西段有枣子沟大型金床和答浪沟、也赫杰等金矿分布。区内尚有与印支期-燕山期花岗岩有关的钼、钨、锡、铀矿,热液型铜及多金属矿点(刘建宏等,2006)。

(2)碌曲-岷县-徽县成矿亚带(IV-28②):区内出露地层主要为三叠系,为一套浊积碎屑岩。构造线呈北西西向展布,岩浆岩不甚发育,出露燕山期小岩体。带内发现的矿产主要是金、锑、汞、铁矿等。该亚带以寒武-奥陶系、泥盆系、三叠系黑色岩系(碳质硅岩、碳质板岩、碳质灰岩及其过渡性岩石-硅灰泥岩等)中的层控金锑多金属矿床最为引人注目。例如,鹿儿坝金锑、甘寨金矿等。与燕山期石英闪长斑岩体有关的矿床有早仁道斑岩型金锑矿床、龙得岗斑岩型铜锑矿。与三叠系碳酸盐建造有关的代表性矿床有:崖湾、大草滩、水眼头、银洞梁等锑矿床,西和大桥微细浸染型金矿床,赋存于三叠系硅质角砾岩中,但成矿与晚期的热液改造关系密切。

大桥金矿是在该地区发现的一种新类型金矿床。大桥金矿床金矿体均赋存在三叠系下部建造层硅质角砾岩中。硅质岩破碎强烈,多呈碎裂或角砾状结构,角砾、基质都由硅质岩组成,具重结晶现象。细硅质角砾岩型金矿石是矿区最主要的矿石类型。矿区见12条(黑云母)花岗闪长岩脉,多呈透镜状顺层产出(刘月高等,2011)。

(3)玛曲-舟曲-留坝成矿亚带(IV-28③):该带北以青海河北-甘肃尕斯库勒-扎列卡-官亭镇-成县-徽县断裂带为界,南以莫尔藏阿尼-结格杂干-花草坡-汉王镇区域性大断裂带为界。主要出露地层为下寒武统、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系。岩性为元古宇震旦系、寒武系太阳顶群至志留系白龙江

群半深海黑色碎屑岩夹硅质岩。寒武系太阳顶群和志留系白龙江群含 Au 背景值较高,是金矿的矿源及赋矿层位。区内北西西向区域断裂发育,沿断裂带零星分布有印支—燕山期中酸性小岩株或岩脉。带内发现的矿产主要有金、铁、锰、铜、磷、硫铁矿等。

金银矿主要产于中泥盆统下吾那组和三叠系中统光盖山组和马热松多组的砂板岩、碳酸盐岩建造中,多伴生有砷矿(雄黄、雌黄)锑矿、汞矿。主要集中在分布在青稞崖、赛日欠、桑坝沟及黑峪沟—舟曲一带。与碳硅质板岩、硅质板岩及部分脉岩有关的代表性矿床有:坪定、拉尔玛(含铂)微细浸染型金矿床,其突出特点为金、汞、锑、砷共生,表现为低温成矿作用特征,其成矿时代为印支—燕山期。迭部县刀扎金矿产在下志留统砂板岩与中泥盆统古道岭组灰岩接触带的逆冲滑脱断裂构造带上,受构造带控制,属构造蚀变岩型。铁矿成矿类型以淋滤型和沉积型为主。

(4)西倾山成矿亚带(IV-28④):该亚带北以莫尔藏阿尼—结格杂干—花草坡—汉王镇区域性大断裂带为界,南以玛沁—玛曲—南坪大断裂为界与阿尼玛卿褶皱带毗邻(南昆仑结合带二级构造单元北分界线)。隶属西倾山—南秦岭陆缘裂谷带南部,出露地层主要为上古生界、中生界浅海相碳酸盐岩建造、细碎屑岩建造,赋矿层位主要为中、下三叠统及二叠系。区内总体呈复背斜构造,区域性断裂发育,主要集中在西倾山背斜轴部和大水—忠曲复背斜的南翼,构造线总体呈北西西向。岩浆活动不发育,以华力西—燕山期小侵入体为主。

该带产有著名的大水金矿和贡北、忠曲、辛曲、恰若等 4 个破碎蚀变岩型金矿床,形成时代为印支—燕山期。大水金矿床主要赋存于三叠系灰岩、白云灰岩和印支期花岗闪长岩脉中,花岗闪长岩中黑云母的 ^{40}Ar — ^{39}Ar 法年龄大约为 240~220 Ma(赵彦庆等,2003)。

3.4 龙门山—大巴山成矿带(III-73)

该带位于玛曲—文县—勉略缝合带以南区域。元古宇出露有碧口岩群、铁船山组、刘家坪组和西乡群等。震旦系可进一步划分为陡山沱组和灯影组。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。与震旦系有联系的矿产为磷、锰、铅、锌及白云岩等。寒武—奥陶系以灰绿色页岩、灰岩、泥质

灰岩、碳质页岩为主。志留系划分为下统龙马溪组、崔家沟组、王家湾组,中统宁强群,缺失上统。下统以黑色、黄绿色、灰色页岩为主,夹粉砂岩、细砂岩,中统主要由蓝灰、绿灰色页岩和粉砂岩组成。泥盆系仅在高川小区出露,以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,为石膏矿的主要层位,含煤和赤铁矿结核。该成矿带进一步划分为 3 个亚带:

(1)碧口—阳坝成矿亚带(IV-73①):该亚带地跨陕甘川三省,为南秦岭造山带南缘和扬子板块北缘之间一特殊的楔形三角块体,具长期演化的历史,它以广泛分布前寒武纪变质火山岩为特征。地层可分为基底岩系和沉积盖层岩系两大部分。基底岩系主要由中上元古界碧口群组成,局部为上太古宇鱼洞子群及震旦系。碧口群是一个构造—岩石地层单位,其中橄榄岩及辉绿岩体、糜棱岩发育,区域变质为绿片岩相。盖层岩系主要为震旦系、泥盆系、石炭系的浅变质沉积岩系。岩浆活动强烈而广泛,不同时代、不同岩性均有产出,主要有超基性岩体、辉绿岩体(脉)、闪长岩体、钠长岩脉、花岗岩体等,普遍产于基底与盖层之中。区内复杂的地质构造演化,形成多期多阶段的矿产资源,主要有与太古宙鱼洞子群有关的火山沉积变质型铁矿,中晚元古代与海底基性火山喷发作用、酸性岩浆侵入活动有关的铜、金、铁、铅锌等矿产。

鱼洞子火山沉积变质型等铁矿床的斜长角闪岩锆石 U-Pb 年龄为 $(2\ 657 \pm 9)$ Ma(秦克令等,1992),磁铁石英岩锆石 U-Pb 年龄为 $(2\ 645 \pm 25)$ Ma(王洪亮等,2011)。锰矿主要有:产于下震旦统陡山沱组海相火山喷发沉积—陆源碎屑—碳酸盐岩中的黎家营海相火山岩型锰矿、产于震旦系陡山沱组浅海陆棚相沉积的细碎屑岩—碳酸盐含铁锰建造和临江组滨海台地相富镁碳酸盐建造中的沟岭子海相沉积型锰矿。金银矿床主要集中分布于摩天岭地体的南部的平武—青川—勉县一带,具层控特点,其矿源来自摩天岭隆起蚀源区(彭大明,2003)。例如,略阳东沟坝铅锌金银矿床、甘肃文县口头坝破碎蚀变岩

型金矿、文县碧口砂金矿。与花岗岩类侵入岩有关的宁强白崖沟铁矿、略阳柳树坪铁矿等。它们的共同特点是产于花岗岩侵入体外接触带的碳酸盐岩中,围岩有强烈蚀变,以矽卡岩化为主。筏子坝、阳坝海相火山岩型铜矿产于郿县系中浅变质火山岩和浅变质细碎屑沉积岩夹含铜磁石英岩建造中,受裂隙式多中心喷发的古火山机构控制。略阳铜厂铜矿床及新发现的徐家沟铜矿床受碧口群基性火山岩中断裂破碎带控制,其中铜厂含矿断裂破碎带还穿过石英闪长岩体。产于超基性岩中的石棉矿床是本区具有特色的矿种之一,具石棉矿化的超基性岩体较多,主要有煎茶岭、黑木林、王家山、杨家山等,组成一条北东向石棉矿带。超基性岩受酸性岩侵入再造有关的煎茶岭镍矿、铁矿位于勉略构造混杂岩带中偏东段,出露上元古界碧口群绿色变质火山岩和震旦系断头崖组碳酸盐岩建造,新元古代超基性岩侵入其中,其由主岩体和南北2个分枝岩体构成。由于后期强烈的构造、岩浆和热液活动,岩体发生了彻底的蚀变,主岩体主要由蛇纹岩、滑镁岩和石英菱镁岩等蚀变超基性岩组成,其M/F值为8.45~11.96,属镁质超基性岩(王瑞廷等,2005)矿床,受韧性剪切带和花岗斑岩控制。煎茶岭镍矿产于超基性岩体中,已探明矿体均成群、成带聚集在花岗斑岩周围,矿体多呈透镜状产出,产状与北西西向韧性剪切带一致。

(2)宁强-镇巴成矿亚带(Ⅳ-73②):区内的矿产皆为沉积作用形成,主要有产于上震旦统陡山沱组中的锰、磷矿及下寒武统中的磷矿。例如,紫阳县屈家山锰矿、西乡司上锰矿、镇巴渔渡坝磷矿、南郑朱家坝磷矿、阳平关磷矿等;产于上震旦统灯影组中的沉积-再造型铅锌矿(南郑马元-白玉、云河-庙坝);产于上震旦统灯影组与下寒武统底部不整合面上的沉积型钴土矿(南郑九岭子);产于上泥盆统蟠龙山组中的“宁乡式”铁矿(镇巴观音堂、西乡毛垭子);产于上泥盆统三岔沟组中的黄铁矿(镇巴兴隆场、西乡五里坝);产于下二叠统茅口组中的海泡石-蒙脱石黏土矿(宁强关口垭);产于二叠系中的铝土矿和耐火黏土(西乡峡口);产于三叠系中的石膏矿(西乡瓦刀子及镇巴南部);产于上三叠统须家河组和下侏罗统中的菱铁矿和煤矿(镇巴响洞子);产于第三系—第四系中的膨润土矿床(洋县、西乡)。

(3)汉南-碑坝成矿亚带(Ⅳ-73③):处于扬子地

块北缘的碑坝穹窿构造。穹窿构造直径40余km,具有前震旦纪结晶基底和震旦纪以来沉积盖层的双层结构特点。核部基底主要由太古宙后河岩群、中元古代火地垭群和晚元古代铁船山组的变质碳酸盐岩、碎屑岩、火山岩和晋宁-澄江期的黑云母花岗岩为主的侵入岩构成;周缘盖层主要由角度不整合于基底之上的上震旦统一中三叠统碳酸盐-碎屑岩系构成。其中震旦系灯影组为主要的铅锌矿赋矿地层,代表性矿床有马元铅锌矿等。区内基性-超基性杂岩体产有毕机沟钒钛磁铁矿。该矿床属于层状基性-超基性杂岩体同生矿床,岩体形成时代可以代表成矿时代,单矿物-全岩Sm-Nd同位素等时线年龄值为 $1\,061\pm 7\text{ Ma}$ (杨合群等,1993)。碑坝古陆核活化杂岩区的铁矿有2种类型:一是产于火地垭群中的火山沉积变质铁矿,二是花岗闪长岩与围岩接触带的接触交代型铁矿。区内铜矿点和矿化点较多,其类型有产于陆相火山岩中的铜矿(西乡地区),产于构造带中的脉状铜矿(城固县南部)和产于花岗岩侵入体接触带的矽卡岩型铜矿或细脉浸型铜矿(南郑碑坝),但目前尚未找到成型矿床。

4 结论

笔者对全国划分的Ⅲ级成矿带进行了修正;将秦岭地区划分为15个Ⅳ级成矿亚带,并对划分出的Ⅳ级成矿亚带进行了成矿条件、优势矿种及矿床成因类型等主要地质特征的论述,为进一步研究秦岭地区成矿规律奠定了基础。

参考文献(References):

- 宋小文,侯满堂,陈如意. 陕西省成矿区(带)的划分[J]. 西北地质,2004,37(3):29-42.
- Song Xiaowen, Hou Mantang, Chen Ruyi. Division of Shaanxi metallogenic province (belt) [J]. Northwestern geology, 2004, 37(3): 29-42.
- 张新虎,刘建宏,赵彦庆. 甘肃省成矿区(带)研究[J]. 甘肃地质,2008,17(2):1-8.
- Zhang Xinhui, Liu Jianhong, Zhao Yanqing. Study on metallogenic provinces (zones) in Gansu province[J]. Gansu geology, 2008, 17(2): 1-8.
- 徐志刚,陈毓川,王登红,等. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社,2008.

- Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. The Division Scheme of Mineralization Zones in China [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2008.
- 王斌. 小秦岭金矿地球化学特征及矿床成因探讨 [D]. 中国地质大学(北京), 2009: 82-83.
- Wang Bin. Geological-Geochemical Features and Genesis of Xiao Qinling Gold Deposit. [D]. China University of Geosciences(Beijing), 2009: 82-83.
- 李永峰, 毛景文, 胡华斌, 等. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景 [J]. 矿床地质, 2005, 24(3): 292-304.
- Li Yongfeng, Mao Jingwen, Hu Huabin, et al. Geology, distribution, types and tectonic settings of Mesozoic molybdenum deposits in East Qinling area [J]. Mineral Deposits, 2005, 24(3): 292-304.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-855.
- Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics [M]. Science Press, Beijing, 2001, 1-855(in Chinese).
- 何世平, 王洪亮, 陈隽璐, 等. 北秦岭西段宽坪岩群斜长角闪岩锆石 LA-ICP-MS 测年及其地质意义 [J]. 地质学报, 2007, 81(1): 79-87.
- He Shiping, Wang Hongliang, Chen Juanlu, et al. Zircon U-Pb chronology of Kuanping rock group by LA-ICP-MS and its geological significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(1): 79-87(in Chinese with English abstract).
- 李霖. 北秦岭松树沟铬铁矿矿床和铜峪铜矿床地质地球化学与成矿动力学背景 [D]. 西北大学: 西北大学硕士学位论文, 2010: 66-67.
- Li Ben. Geochemistry and Geodynamic Backgrounds of the Tongyu VHMS copper deposit and the Songshugou chromite deposit in the Northern Qinling Orogenic Belt [D]. Northwest University: Northwest University Master's Dissertation, 2010: 66-67.
- 张宗清, 刘敦一, 付国民, 等. 北秦岭变质地层同位素年代研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1994: 1-191.
- Zhang Zongqing, Liu Dunyi, Fu Guomin, et al. Study of Isotope Geochronology of Metamorphic Stratigraphy of North Qinling [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1994: 1-191(in Chinese).
- 杨力, 陈福坤, 杨一增, 等. 丹凤地区秦岭岩群片麻岩锆石 U-Pb 年龄: 北秦岭地体中-新元古代岩浆作用和早古生代变质作用的记录 [J]. 岩石学报, 2010, 26(5): 1589-1603.
- Yang Li, Chen Fukun, Yang Yizeng, et al. Zircon U-Pb ages of the Qinling Group in Danfeng area: Recording Mesoproterozoic and Neoproterozoic magmatism and Early Paleozoic metamorphism in the North Qinling terrain [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(5): 1589-1603(in Chinese with English abstract).
- 陈丹玲, 刘良, 孙勇, 等. 北秦岭松树沟高压基性麻粒岩锆石的 LA-ICP-MSU-Pb 定年及其地质意义 [J]. 科学通报, 2004, 49(18): 1901-1908.
- Chen Danling, Liu Liang, Sun Yong, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating for high-pressure basic granulite from North Qinling and its geological significance [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(18): 1901-1908(in Chinese with English abstract).
- 陆松年, 陈志宏, 李怀坤, 等. 秦岭造山带中-新元古代(早期)地质演化 [J]. 地质通报, 2004, 23(2): 107-112.
- Lu Songnian, Chen Zhihong, Li Huaikun, et al. Late mesoproterozoic-early Neoproterozoic evolution of the Qinling orogen [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(2): 107-112.
- 崔智林, 孙勇, 王学仁. 秦岭丹凤蛇绿岩带放射虫的发现及其地质意义 [J]. 科学通报, 1995, 40(18): 1686-1688.
- Cui Zhilin, Sun Yong, Wang Xueren. The discovery of the radiolarian in Danfeng ophiolitic zone Qinling and its geological implications [J]. Chinese Science Bulletin, 1995, 40(18): 1686-1688(in Chinese).
- 崔智林, 华洪, 宋庆原. 晚奥陶世北秦岭弧后盆地放射虫组合 [J]. 地质学报, 2000, 74(3): 254-259.
- Cui Zhilin, Hua Hong, Song Qingyuan. The late Ordovician radiolarian assemblage of the North Qinling Back-arc Basin, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(3): 254-259.
- 车自成, 刘良, 罗金海. 中国及其邻区区域大地构造 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1-519.
- Che Zicheng, Liu Liang, Luo Jinhai. Regional structures in China and its adjacent area [M]. Science Press, Beijing, 2002: 1-519.
- 王瑞廷, 李剑斌, 任涛, 等. 柞水-山阳多金属矿集区成矿条件及找矿潜力分析 [J]. 中国地质, 2008, 35: 1291-1298.
- Wang Ruiting, Li Jianbin, Ren Tao, et al. Metallogenic conditions and prospecting potential of the Zhashui-Shanyang poly-metal ore cluster [J]. Geology in China, 2008, 35: 1291-1298.
- 张本仁, 陈德兴, 李泽九, 等. 陕西柞水山阳成矿带区域地球化学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989,

- 1-221.
- Zhang Benren, Chen Dexing, Li Zejiu, et al. Region Geochemistry of Shanyang-Zhashui Metallogenic Belt, Shaanxi Province[M]. Press of China University of Geosciences, Wuhan, 1989, 1-221 (in Chinese with English abstract).
- 杨永春, 刘家军, 刘新会, 等. 南秦岭金龙山金矿床中砷的赋存特征及其对金沉淀的影响 [J]. 中国地质, 2011, 38(3): 701-715.
- Yang Yongchun, Liu Jiajun, Liu Xinhui, et al. Mode of occurrence of arsenic and its influence on the precipitation of gold in the Jinlongshan gold deposit, southern Qinling[J]. Geology in China, 2011, 38(3): 701-715.
- 赵国斌. 旬北地区志留系铅锌矿成矿规律及找矿方向 [D]. 长安大学: 长安大学, 2006.
- Zhao Guobin. Metallogenic regularity and exploration direction of Silurian lead-zinc deposit in the north area of Xunyang County [D]. Chang'an University, 2006.
- 查显锋, 董云鹏, 李玮, 等. 南秦岭佛坪隆起的成因探讨——构造解析的证据 [J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(3): 331-339.
- Zha Xianfeng, Dong Yunpeng, Li Wei, et al. Uplifting Process of Foping Dome in Southern Qinling: Constrained by Structural Analysis[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2010, 34(3): 331-339.
- 朱铭. 秦岭地区花岗岩的 K-Ar 等时线年龄和 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年龄及其地质意义 [J]. 岩石学报, 1995, 11(2): 179-192.
- Zhu Ming. The ages of K-Ar Isochron and ^{39}Ar - ^{40}Ar of granites from Qinling area and their geological Significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(2): 179-192.
- 刘建宏, 张新虎, 赵彦庆, 等. 西秦岭成矿系列、成矿谱系研究及其找矿意义 [J]. 矿床地质, 2006, 25(6): 727-734.
- Liu Jianhong, Zhang Xinhui, Zhao Yanqing, et al. A study of minerogenetic series of West Qinling region in Gansu Province and its ore-prospecting significance[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(6): 727-734.
- 刘月高, 吕新彪, 张振杰, 等. 甘肃西和县大桥金矿床的成因研究 [J]. 矿床地质, 2011, 30(6): 1085-1099.
- Liu Yuegao, Lü Xinbiao, Zhang Zhenjie, et al. Genesis of Daqiao gold deposit in Xi he County, Gansu Province [J]. Mineral Deposits, 2011, 30(6): 1085-1099.
- 赵彦庆, 叶得金, 李永琴, 等. 西秦岭大水金矿的花岗岩成矿作用特征 [J]. 现代地质, 2003, 17(2): 151-156.
- Zhao Yanqing, Ye Dejin, Li Yongqin, et al. Granitic mineralization of the DaShui gold ore deposit in western Qinling[J]. Geoscience, 2003, 17(2): 151-156.
- 王瑞廷, 毛景文, 赫英, 等. 煎茶岭硫化镍矿床的铂族元素地球化学特征及其意义 [J]. 岩石学报, 2005, 2005, 21(1): 219-226.
- Wang Ruiting, Mao Jingwen, He Ying, et al. Geochemical characteristics of Platinum group elements of the sulfide nickel ores and related rocks in Jianchaling, Lueyang county, Shannxi province, China and their implication for genesis[J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(1): 219-226.
- 秦克令, 宋述光, 何世平. 陕西勉略宁区鱼洞子花岗岩-绿岩地体地质特征及其含金性 [J]. 西北地质科学, 1992, 13(1): 65-74.
- Qin Keling, Song Shuguang, He Shiping. The geological characteristics of the Yudongzi granite-greenstone terrain and its gold-bearing property in Mianluening area Shaanxi [J]. Northwest Geoscience, 1992, 13(1): 65-74.
- 王洪亮, 徐学义, 陈隽璐, 等. 南秦岭略阳鱼洞子岩群磁铁矿石岩形成时代的锆石 U-Pb 年代学约束. 地质学报, 85(8): 1284-1290.
- Wang Hongliang, Xu Xueyi, Chen Juanlu, et al. Constraints from Zircon U-Pb Chronology of Yudongzi Group Magnetite-Quartzite in the Lueyang Area, Southern Qinling, China[J]. Acta Geologica Sinica, 85(8): 1284-1290.
- 彭大明. 摩天岭隆起区金属矿产查勘浅析 [J]. 黄金科学技术, 2003, 11(6): 1-10.
- Peng Daming. Motianling high area metal minerals survey easy analyse[J]. Gold Science and Technology, 2003, 11(6): 1-10.
- 杨合群, 苏犁, 宋述光, 等. 毕机沟层状杂岩体的形成年龄 [J]. 西北地质科学, 1993, 14(2): 108-110.
- Yang Hequn, Su Li, Song Shuguang, et al. Formation ages of Bijigou intrusion [J]. Northwest Geoscience, 1993, 14(2): 108-110.