

豫西南铅锌银矿集区深部构造与成矿作用

燕长海^{1,2}, 刘国印^{1,2}, 邓军¹

(中国地质大学, 北京 100083; 河南省地质调查院, 郑州 450007)

摘要: 豫西南地区是我国中部重要的多金属成矿远景区, 找矿前景巨大。本文中利用重力、航磁和深部地球物理剖面资料, 解析研究区三维岩石圈结构, 揭示深部构造特征, 进而探讨深部成矿作用。结果表明, 研究区莫霍面顶部形态基本上呈东高西低, 地壳厚度由东向西增大。壳—幔结构的不均一性制约着成矿系统物质和能量的交换。矿集区位于幔向斜内, 其地壳增厚处、莫霍面的梯度变化处或变形部位成矿强度高。幔背斜与幔向斜之间过渡带有走向超壳型深大断裂(如栾川断裂和朱阳关断裂), 其与次级断裂的交汇处, 岩浆、变质与成矿作用十分强烈, 深部通道为成矿物质来源提供了较好的成矿条件, 因此是形成大型、超大型矿床的有利地段。

关键词: 地球物理场; 深部构造; 成矿作用; 豫西南矿集区。

中图分类号: P611.1, P618.02

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 4135(2003)04 - 0221 - 07

大陆深部构造与成矿作用, 特别是与内生成矿作用之间的关系, 已成为矿床地质学家关注的重大问题。大陆岩石圈组成和演化历史的差异, 下地壳和地幔巨大的不均一性, 很可能是造成不同地质构造单元具有不同的成矿省、成矿区带以及不同成矿类型与矿种的根本原因。源于地幔等地球深层次的构造控制和影响了地壳上部矿床的形成和分布, 以地幔异常隆起构造为代表的深部构造与成矿作用关系的研究, 已成为当前矿床地质学研究的前沿课题和未来矿床地质研究工作的发展趋势^[1]。豫西南地区隶属两个大地构造单元, 以黑沟—栾川—维摩寺—羊册断裂(简称栾川断裂)为界, 北部为华北板块, 南部为秦岭造山带, 是我国中部重要的多金属成矿远景区。自 1999 年国家启动国土资源大调查工作以来, 区内的铅锌、银矿调查评价工作取得了突破性进展, 已大致查明具中—大型规模的矿产地十余处, 初步控制资源量(333 + 334₁) 铅锌 330 万吨、银 9 500 多吨, 显示出巨大的找矿前景。为深入探讨区内深部构造特征及其对铅锌银矿控制作用, 研究区域成矿系统的时空结构和动力学特征, 本文中利用重力、航磁和深部地球物理平、剖面资料, 解析研究区三维岩石圈结构, 揭示深部构造特征, 进而探讨深部成矿作用, 为进一步部署地质找矿工作提供依据。

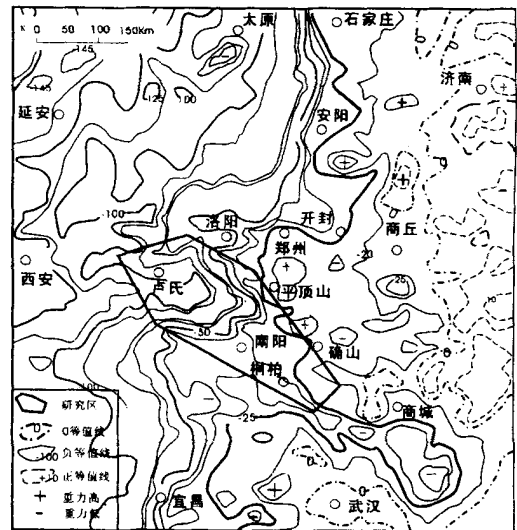


图 1 卢氏—桐柏地区布格重力异常图
(据燕长海, 2002)

Fig. 1 The gravity anomaly map
of Lushi - Tongbai area

1 区域地球物理场特征

1.1 重力场特征

研究区位于北北东向大兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带与北西西向西安—南阳—信阳负值重力异常带之交汇部位北缘, 即莫霍面陡变带与北西西向幔拗带的交汇处, 是壳—幔异常变化的地带, 大地构造位置上为有利的成矿区(图 1)。

从河南省布格重力异常图上可以看出, 区域

收稿日期: 2003 - 08 - 18

基金项目: 国土资源大调查项目(199910200227)

作者简介: 燕长海, 男(1955)年生, 博士研究生, 教授级高级工程师, 主要从事地质科研及矿产勘查工作。

重力场基本特征表现为重力场强度从东部零上值向西逐渐变为负值,西部省界达到最大负值(-128 ×105 m/s)。区内重力异常具有南北分区、东西分带的特点。以栾川—维摩寺—羊册—明港一线为界,以北为华北重力异常区(正值带),以南为秦岭重力异常区(负值带);以太行山—武陵山重力陡变带为界,以东为重力正异常带,以西为重力负异常带。异常轴向多为北西和北东向交叉展布。

1.2 磁场特征

在栾川—维摩寺—羊册—明港—固始一线形成一条连续的正磁异常带,其北为华北陆块南

缘,其南为秦岭造山带,显示出不同的磁场特征。

华北陆块南缘磁场特征:该区磁场开阔平缓,正负磁异常过渡,梯度值小,异常面积大,仅在南部边缘地区,磁异常带杂乱,反映出古老地层基底隆起特征。

秦岭造山带磁场特征:本区磁场呈正负相间出现,幅值变化较大,正磁场强度一般为100~200 nT,最大值800~1260 nT,负磁场强度多在0~-200 nT,最小值达-800 nT。磁异常呈北西或北西西向带状展布,其长轴方向与区域构造线基本近似。

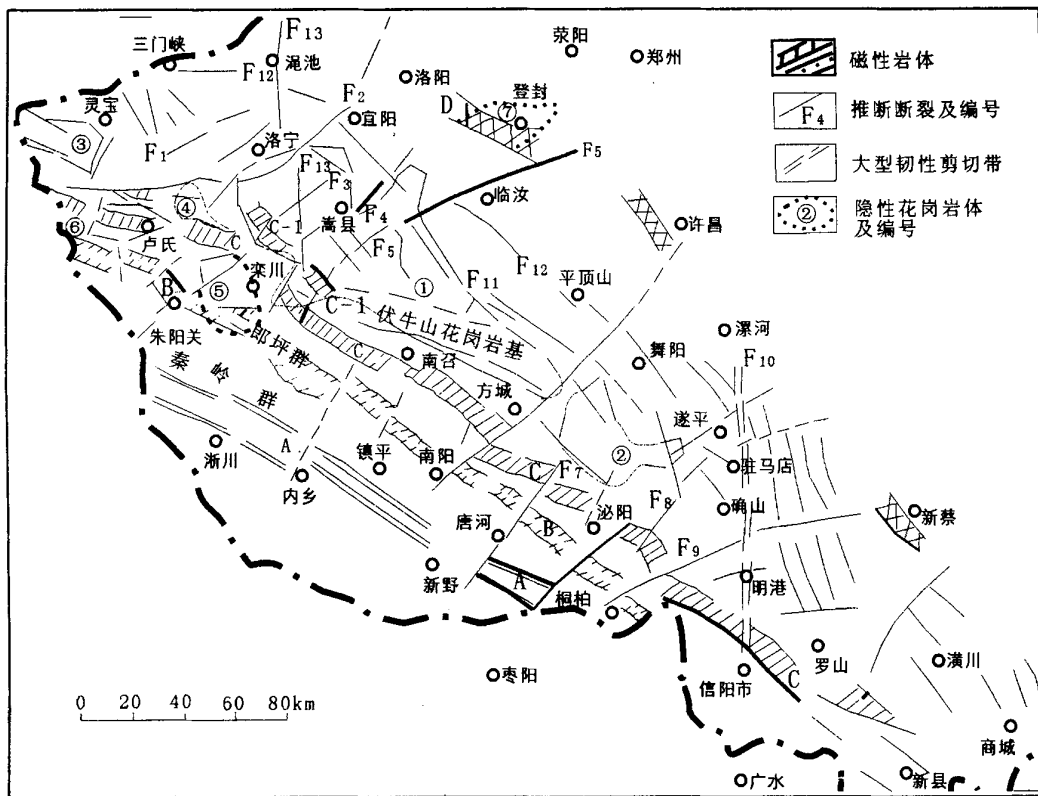


图2 航磁推断地质构造图(据张乃昌,1996 修编)

Fig. 2 Reasoning geologic map from airborne magnetic measurement

河南省物探队1984年完成了河南全省航磁资料处理(化向磁极、向上延拓、水平方向导数、垂直方向导数等方法),圈出NW、NE和NNW向三组构造和7个隐伏花岗岩体(图2)。NW向构造由A、B、C、D 4条磁性带状体和2条断续延伸断裂(F11、F12)组成,磁性带状体岩性为具有类似基性火山岩、中基性侵入岩和碱性岩等磁性体特征的地质体。NE向构造由F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7、F8、F9共9条断裂组成,其中前5条集中在卢氏—栾川之间。NNW向构造分布在

信阳—漯河以东。在上延4~8 km高度后,清晰地圈出了7个隐伏花岗岩体,分别是熊耳山—伏牛山隐伏花岗岩基(图2中①,规模17 ×20~17 ×60 km²)、泌阳隐伏花岗岩体(图2中②,规模50 ×20 km²)、小秦岭隐伏花岗岩体(图2中③,规模35 ×10 km²)、康山—西施隐伏花岗岩体(图2中④,规模25 ×10 km²)、栾川隐伏花岗岩体(图2中⑤,规模40 ×25 km²)、卢氏隐伏花岗岩体(图2中⑥,规模50 ×20 km²)和登封隐伏花岗岩体(图2中⑦)。

2 深部构造特征

2.1 地壳结构特征

由地震资料反演得到的界面深度、层速度 V_p 及品质因数 Q 等成果见图3。该剖面显示地壳呈多层结构,与大陆地台型地壳相似。在剖面上发现3条超壳断裂,可作为划分大地构造单元的分界线。

华北陆块南缘带位于栾川断裂以北,分为上、中、下三层,层次简单,层速度及 Q 值较高。上地壳速度 $5.68 \sim 6.07 \text{ km/s}$,厚度 $14.3 \sim 15.4 \text{ km}$,为沉积盖层和结晶基底;中地壳速度 5.92 km/s ,厚度 8.9 km ,为花岗质和闪长质岩石;下地壳速度 6.6 km/s ,厚度 7.56 km ,为玄武质岩石。

秦岭造山带位于栾川断裂以南和浙川断裂以北之间,与华北陆块不同的是地壳分层多,存在较厚的中地壳层。栾川断裂—瓦穴子断裂之间,地表主要为宽坪群变质岩系和燕山期花岗岩,这一段除莫霍面以外地壳内部没有反射层,莫霍面深度 30.8 km ,速度 6.05 km/s 。该带处于秦岭造山带与华北陆块的结合部,地壳的高度

变形与岩浆活动破坏了分层结构。栾川断裂以南有超壳断裂 F_1 存在。瓦穴子断裂—朱阳关断裂之间地表主要为二郎坪群海相火山沉积建造,上地壳速度 6.06 km/s ,厚度 12 km ;中地壳速度 5.70 km/s ,厚度 11.6 km ;下地壳速度 6.81 km/s ,厚度 8.8 km 。朱阳关断裂至商丹断裂之间地表为秦岭群变质岩系。上地壳分两层,第一层厚 3.4 km ,速度为 5.21 km/s ;第二层厚 8.62 km ,速度为 6.06 km/s 。中地壳为中速波层也分两层,上层厚 6.23 km ,速度为 5.94 km/s ;下层厚 5.7 km ,速度为 5.72 km/s 。下地壳厚 8.4 km 。该段地壳平均速度为 5.94 km/s ,且中间存在 F_2 超壳断裂。商丹断裂与浙川断裂之间为元古宇陡岭群变质岩等,上地壳分三个速度层,地壳总厚度 13.2 km ,速度为 $5.39 \sim 6.18 \text{ km/s}$ 。中地壳为低速层,厚度为 11.9 km ,速度为 $5.70 \sim 5.94 \text{ km/s}$ 。下地壳厚 8.4 km ,速度为 6.66 km/s 。该段有 F_3 超壳断裂存在。可见研究区地壳厚度变化不大,华北陆块、秦岭造山带和扬子陆块都是活动在同一上地幔顶部的三个构造块体。

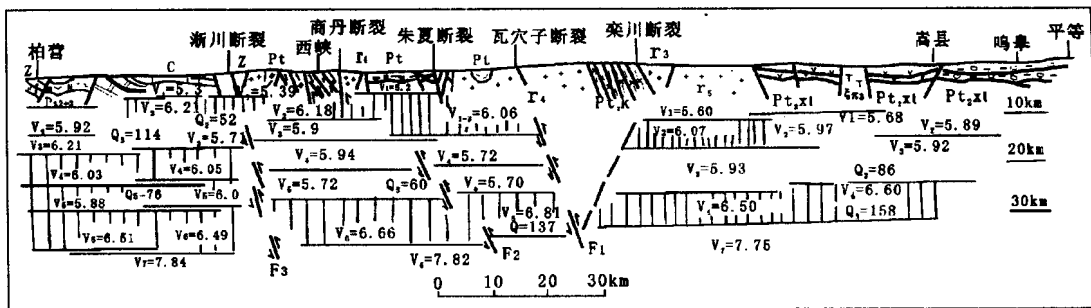


图3 秦巴地区QB-1测线地质剖面及地壳分界面图(据张乃昌,1996修编)

Fig. 3 Geologic section and crustal layering of QB-1 survey line in Qin-Ba area

2.2 莫霍面基本形态特征

由图4可知,研究区莫霍面以纵贯我国东部的北北东向重力梯级带(即省内安阳—宝丰—湖北宜城一线)为界分成东西两大不同结构单元,东部地壳厚 30 km ,西部到豫陕交界处加深至厚 36 km ,落差 6 km 左右。上地幔东高西低,地壳厚度由东向西增大。重力梯级带以西为规则交替的壳—幔背斜、壳—幔向斜褶皱构造,背向斜轴多为向北凸出的弧形,由湖北宜城北东向的幔向斜轴往北至河南新乡逐渐变为南东向的幔向斜轴,形成一组向西散开的构造轴线。梯级带以东构造线方向为北西

西向。莫霍面顶面形态基本上呈东高西低,由东向西深度逐渐下降,但并不是一个连续的界面,而是在中部莫霍面出现台阶,构成莫霍面深度梯级带(或莫霍面形态分界线),即近南北向安阳—宝丰—湖北宜城梯级带。该分界线两侧构造轴线到此中断,因此可以推断这条界线是个巨型隐蔽超壳挤压断裂带,宽度 $5 \sim 30 \text{ km}$ 。根据菏泽—长治人工地震测深剖面结果认为,鹤壁—林县采桑之间反映莫霍面 P_m 波记录面貌非常紊乱,震相增多,周期增大,同样表明该段(莫霍面深度梯级带)莫霍面不连续,存在一条很宽的断裂破碎带。

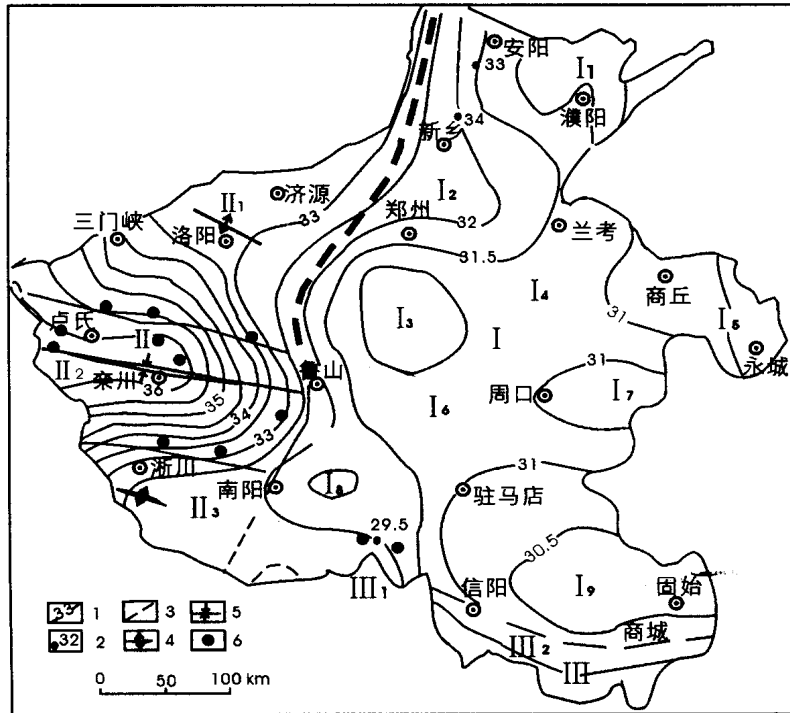


图 4 河南省莫霍面形态及深部构造轮廓略图(据郭奇斌,1992)

Fig. 4 Shape of Moho discontinuity and deep structure outline of Henan

1. 莫霍面等深线(km); 2. 地震莫霍面等深点; 3. 深层断裂线; 4. 幔背斜; 5. 幔向斜; 6. 铅锌银矿床(点); . 幔隆区: 1. 内黄幔凸; 2. 原阳幔凹; 3. 禹州幔凸; 4. 通许幔凹; 5. 夏邑幔凸; 6. 平舆幔凹; 7. 周口幔凸; 8. 社旗幔凸; 9. 潢川幔凸; . 幔褶区: 1. 洛阳幔背斜; 1. 洛阳幔背斜; 2. 栾川幔向斜; 3. 浙川幔背斜; . 幔拗区: 1. 桐柏幔凹; 2. 大别幔向斜

2.3 莫霍面形态与浅部构造的对应关系

2.3.1 幔褶区

浙川幔背斜在唐河—郧西一带,地表主要出露一套古生代海陆相沉积地层,南部有元古代地层,幔背斜轴线位于秦岭褶皱系南部武当中间陆块的北界。栾川幔向斜在商县—卢氏—四里店一带,与华北陆块和秦岭褶皱带分界线相吻合,这条线已被认为是古板块俯冲带。沿俯冲带有大规模燕山期花岗岩侵入,航磁异常向上延拓 32 km 仍有清晰显示,说明该岩体(伏牛山花岗岩体)向下有较大延伸,是沿俯冲带上侵的深部岩浆所形成的。俯冲带的特征是重力低,磁力高,莫氏面带状凹陷。

在上述背向斜之间过渡区朱阳关—夏馆一带,分布地层有秦岭群、二郎坪群,其间存在数条走向断裂带,西峡至南阳为超基性岩带,沿瓦穴子—二郎坪—乔端可见杂乱磁场高值带,反映了带状变火山岩系的存在。

洛阳幔背斜分布在陕西临猗—河南许昌一带,出露地层有新生界、中生界,其次为古生界和元古界,岩性以海陆相沉积碎屑岩为主。洛阳幔

背斜与栾川幔向斜之间小秦岭—熊耳山—宝丰一带,出露地层主要有元古界,少量古生界,其中中元古界中基性—中酸性火山岩广泛分布。小秦岭和熊耳山有较大花岗岩体,大安、大营有第三纪中基性火山岩分布。

2.3.2 幔隆区

基本上对应东部平原区,幔隆区内的幔凸、幔凹分别与表层构造的盆地和凸起相对应,如潢川幔凸对应潢川盆地、平舆幔凹对应平舆凸起等,总的来看幔隆区对应在华北拗陷带上。

2.4 超壳断裂与浅部构造的关系

张乃昌(1996)^[3]对 QB-1 剖面资料进行了重新解释(图 5),该剖面中的 3 条超壳断裂均与地表断裂不相通,在深约 10 km 处有一水平岩性分界面,地表的大断裂均于滑脱面终止向下延伸。伏牛山花岗岩基属深成的壳幔质重熔型花岗岩类,而该岩体在深部 10 km 处被水平错断成为无根岩基,岩体出露宽度为 20 km,同时南侧的地震无反射三角区上部宽度亦为 20 km 左右,认为该无反射三角区的上地壳应是伏牛山花岗岩体原来的位置。由航磁水平导数圈定的

3 条磁性带,推断为沿 3 条超壳断裂上侵的中基性岩带,但它们与 3 条大断裂沿倾向在地表的投影位置并不重合而是位于其北侧。磁性体与大断裂的水平距离分别是:A 带与 F3 的水平距离为 14 km,B 带与 F2 为 22 km,C 带与 F1 为 18 km,说明上部地壳相对 10 km 滑脱面向北移动了 14 ~ 22 km。因此认为秦岭造山带及华北陆块南缘沿深部 10 km 的滑脱面向北推移了约 20

km。这样,如果将上 10 km 地壳恢复原位(图 6),构造格局将发生以下变化:伏牛山花岗岩基与无反射三角区重合,F1 超壳断裂与栾川断裂相重合(北秦岭造山带与华北陆块南缘的分界线),老君山花岗岩体下部对应低速波带;超壳断裂 F2 对应朱阳关断裂,秦岭群地层下部对应低速波带。超壳断裂 F3 对应商丹断裂(南秦岭造山带与北秦岭造山带的分界)。

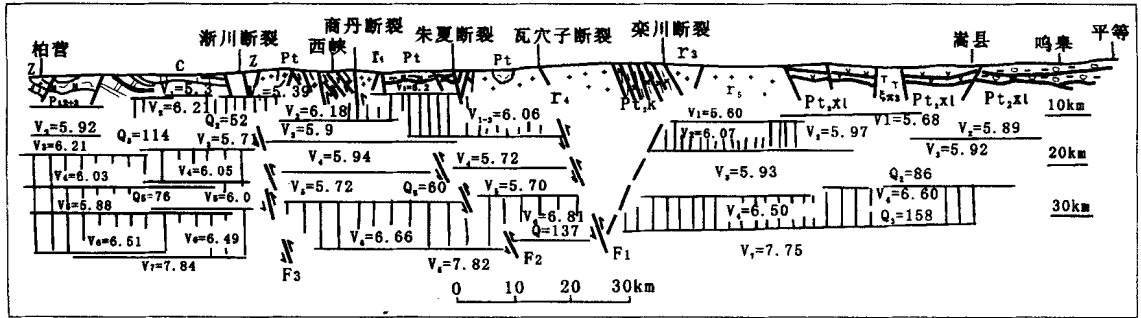


图 5 QB-1 剖面沿 10km 滑脱面向南平移 20km 后恢复构造原地壳剖面图(据张乃昌,1996)

Fig. 5 Resumptive crustal structure section after translating 20 km southward along the slipping plane underground 10 km of QB-1 section

3 深部成矿作用

区域地球物理场的空间分布是结晶基底的岩石建造和后期不同时期的构造演化的综合反映,矿集区地球物理异常形态和走向的复杂变化说明它经历了多期构造—热活动的改造叠加。成矿带的空间展布以及各构造单元之间的界线与重、磁梯级带明显一致,说明了深部成矿作用对区域构造和铅锌银矿床的形成、演化及分布的控制。

华北岩石圈板块厚度小于东北和华南岩石圈板块,在中国东部属最小(60 ~ 70 km);而岩石圈地幔厚度和地壳厚度也是最小的。华北岩石圈板块具有薄壳薄幔、轻壳轻幔之结构特征^[2]。研究区位于华北板块南部边缘,自中三叠世与扬子板块发生碰撞造山以后的 140 ~ 90 Ma 间岩石圈的变动十分强烈,表现最为明显的是因岩石圈热结构的异常所导致的碰撞期后中酸性岩浆活动和山体的隆升,形成碰撞期后的中酸性侵入岩,主要分布在商丹主缝合带以北和华北陆块南缘^[7](图 6)。

这些岩石主要为各种斑岩如黑云母花岗斑岩、二长花岗斑岩和似斑状花岗岩小岩体,它们的矿化强度较高,常构成大型和超大型钼(钨)矿

床。李先梓等^[8]认为,这类岩体虽然形成的源区十分复杂,但均与深部地幔物质上涌使岩石圈热结构发生异常而导致的壳—幔间物质和能量的相互作用有关。

3.1 隐伏侵入岩体对铅锌银矿的控制作用

利用重磁资料圈定的隐伏侵入岩体(尤其是燕山期)上部及其附近,均有大、中、小型铅锌银矿床或地球化学异常区产出(图 6),如银家沟、曲里、冷水北沟、杨树凹、百炉沟、银洞沟等。与区域重力场走向有较大交角的局部短轴重力异常多形成较大规模的矿床。华北陆块南缘 NW 向超壳断裂(如 F3)与 NE 向燕山期断裂构造相交,重磁异常反映又有隐伏花岗岩体存在,是形成大型矿床的有利地段,如栾川南泥湖钼矿田位于稳定陆块与造山带分界断裂(F3)处,有一组 NE 向断裂相交叉,下部有隐伏花岗岩体,地表有花岗斑岩露头,矿体赋存在栾川群碳酸盐地层中。磁测发现的 3 条隐伏基性岩带,是寻找 Cu、Cr、Ni、Co、Au、Ag、Fe 矿的远景区,如桐柏大河铜矿和围山城金银矿带均位于同一重力高异常上,推断该重力高是由二郎坪群火山穹隆引起,有可能是火山口附近沉积变质和火山期后热液形成的大、中型矿床的有利地段。朱阳关断裂附

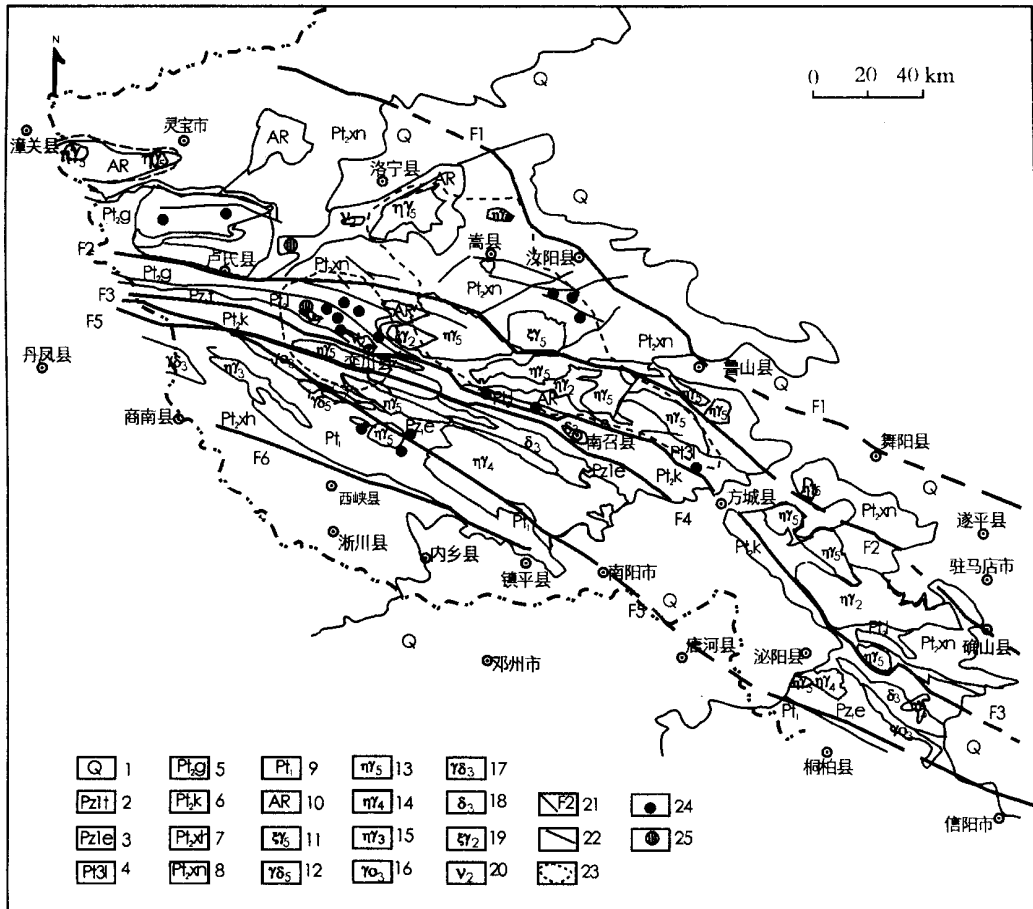


图 6 豫西南地区地质矿产简图

Fig. 6 Simplified geological and mineral map in the southwest Henan

第四系； 早古生代陶湾群； 早古生代二郎坪群； 新元古代栾川群； 中元古代官道口群； 中元古代宽坪群； 中元古代峡河群； 中元古代熊耳群； 早元古代秦岭群； 新太古代太华群； 中生代钾长花岗岩； 中生代花岗闪长岩； 中生代二长花岗岩； 晚古生代二长花岗岩； 早古生代二长花岗岩； 早古生代石英闪长岩； 早古生代花岗闪长岩； 早古生代闪长岩； 元古代钾长花岗岩； 元古代辉长岩； 21. 区域性断裂及编号 (F1: 三门峡—鲁山断裂; F2: 马超营断裂; F3: 栾川断裂; F4: 瓦穴子断裂; F5: 朱夏断裂; F6: 商丹断裂); 22. 次级断裂; 23. 物探推断隐伏岩体; 24. 铅锌银矿床; 25. 钼矿床

近的二郎坪群(或其他地层)的重力高异常与地球化学 Cu 异常重合区是找铜的远景区。

3.2 深部构造对铅锌银矿的控制作用

矿集区位于栾川慢向斜,铅锌银矿床(点)往往产于慢向斜内地壳增厚处(岩石圈地幔减薄处)、莫霍面的梯度变化处或变形部位,表现为不同构造部位对铅锌银成矿系统的控矿作用不同。它既与岩石圈地幔减薄软流圈上涌有关,也与深断裂对莫霍面的影响关系密切,反映了后期构造的叠加效应。栾川慢向斜周围是基底上隆最显著、基底断裂构造最发育、升降活动最频繁且升降幅度最大的构造活动地带,同时也是岩浆活动最强烈的地区;其深部—浅部物质和能量交换—反馈耦合成矿条件最佳,成矿强度最大,是内生多金属成矿带。慢背斜位于带状中生界沉积

地层区,断裂发育,并形成断陷盆地,为引张裂谷带,铅锌银的成矿强度小于慢向斜。慢背斜与慢向斜之间过渡带(莫霍面的梯度变化处或变形部位)有走向超壳型深大断裂(如栾川断裂和朱阳关断裂),在这些断裂与次级断裂的交汇处,岩浆、变质与成矿作用十分强烈,同时这里又有深部通道,有成矿物质来源和较好的成矿条件与控矿构造,因此是形成大型、超大型矿床的有利地段。

参考文献:

[1] 沈远超,邹为雷,曾庆栋,等. 矿床地质学研究的发展趋势:深部构造与成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 1999, 23(2): 180-185.
 [2] 裴荣富,翟裕生,张本仁. 深部构造作用与成矿[M]. 北京:地质出版社, 1999.

- [3]关保德. 河南华北地台南缘前寒武纪—早寒武世地质和成矿[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996. 1 - 328.
- [4]张乃昌. 从重磁成果探讨河南深部构造及成矿作用[J]. 河南地质,1986,4(1):16 - 22.
- [5]郭奇斌. 从地球物理场特征谈河南地质构造[J]. 河南地质,1992,10(4):264 - 272.
- [6]燕长海,刘国印,宋锋,等. 河南马超营—独树一带银铅锌矿床成矿地质条件及找矿前景[J]. 中国地质,2002,29(30):305 - 310.
- [7]何建坤,刘福田,刘建华,等. 东秦岭造山带莫霍面展布与碰撞造山带深部过程的关系[J]. 地球物理学报,1998,41(增刊):64 - 76.
- [8]李先梓,严阵,卢欣祥. 秦岭—大别山花岗岩[M]. 北京:地质出版社,1993,37 - 92.
- [9]Yuan X C, Xu M C, Tang W B. East Qinling seismic reflection profiling[J]. Acta Geophysica Sinica, 1994,37(6):149 - 158.
- [10]翟裕生. 关于矿床学研究前景的探讨[J]. 矿床地质,1999,18(2):146 - 152.
- [11]邓晋福,莫宣学,罗照华,等. 火成岩构造组合与壳幔成矿系统[J]. 地学前缘,1999,6(2):259 - 270.
- [12]邓军,翟裕生,杨立强,等. 构造演化与成矿系统动力学[J]. 地学前缘,1999,6(2):315 - 323.

Deep Structure and Mineralization of Lead zinc silver Concentrated Metallogenesis District in Southwest of Henan Province

YAN Chang hai^{1,2} LIU Guo yin^{1,2}, DENG Jun¹

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Henan Institute of Geological Survey, Henan Zhengzhou 450007, China)

Abstract: Southwest Henan is the major polymetallic metallogenic prospecting area in the middle of China. Based on gravity, airborne magnetic and deep geophysical section, the structure of 3 D lithosphere in the area is dissected. The feature of deep structure in the area is revealed, and the deep metallogenesis is discussed. It is suggest that the discontinuity of the top shape of Moho in the area appear high in the east and low in the west. The crust of the earth becomes thicker and thicker from east to west. The structural heterogeneities of the mantle crust control the exchange of energy and matter in the ore system. The metallogenesis district lies in the mantle syncline. The ore forming process becomes stronger at the place of the thicker crust and the Moho gradient change. There are deep large strike faults (for example, Luchan fault and Zhuyangguan fault) cutting the crust in the transition belt between mantle syncline and mantle anticline. The magmatism, metamorphism and ore formation are extremely strong in the intersection of the faults and secondary faults. The deep passages supply the source of ore forming matter with good metallogenic conditions. So, They are favourable space of forming large and super large mineral deposits.

Key words: geophysical field; deep structure; metallogenesis; southwest Henan