

doi: 10.12029/gc20180213

刘啟能, 周小栋, 苏小岩, 何玉良, 郭振. 2018. 河南省刘老湾地区地质、物化探特征及找矿前景分析[J]. 中国地质, 45(2): 392–407.

Liu Qineng, Zhou Xiaodong, Su Xiaoyan, He Yuliang, Guo Zhen. 2018. An analysis of geological, geophysical and geochemical characteristics and prospecting potentiality of the Liulaowan area in Henan Province[J]. Geology in China, 45(2): 392–407(in Chinese with English abstract).

## 河南省刘老湾地区地质、物化探特征及找矿前景分析

刘啟能<sup>1</sup> 周小栋<sup>2</sup> 苏小岩<sup>1</sup> 何玉良<sup>1</sup> 郭振<sup>3</sup>

(1. 河南省地质调查院, 河南 郑州 450001; 2. 福建省地质调查研究院, 福建 福州 350001;  
3. 河南省地质科学研究所, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 河南省刘老湾地区位于大别造山带北麓, 南临梅山—龟山区域断裂带, 西邻燕山晚期的商城花岗岩体。通过 1:5 万水系沉积物测量工作, 在区内圈定了以 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 为主要元素的综合异常, 其中 Au 异常浓集中心明显, 规模大, 与各元素套合好。1:5 万地面高磁异常明显, 且与化探异常吻合较好。通过大比例尺地质、物化探综合剖面对物化探异常进行查证, 圈出多个 Au 土壤高值异常段, 并伴有高极化、低电阻率异常。本文对该区地质、物化探异常进行了详细剖析, 分析了成矿地质条件, 认为在中酸性岩体和胡油坊组的接触带、北西西向的断裂构造是找矿的有利部位; 在土壤 Au 高值异常带, 正负磁场突变, 高级化率、低电阻率的地段, 找矿前景较好。

**关键词:** 物化探; 找矿前景; 金矿; 刘老湾; 大别山

中图分类号: P622; P631; P632 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2018)02-0392-16

## An analysis of geological, geophysical and geochemical characteristics and prospecting potentiality of the Liulaowan area in Henan Province

LIU Qineng<sup>1</sup>, ZHOU Xiaodong<sup>2</sup>, SU Xiaoyan<sup>1</sup>, HE Yuliang<sup>1</sup>, GUO Zhen<sup>3</sup>

(1. Geological Survey Institute of Henan Province, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350013, Fujian, China; 3. Institute of Geological Sciences of Henan Province, Zhengzhou 450053, Henan, China)

**Abstract:** Liulaowan area is located on the northern piedmont of the Dabie orogenic belt in Henan Province, neighboring Meishan–Guishan regional fault in the south and the Yanshanian Shangcheng granite body in the west. Geochemical anomalies dominated by Au, Ag, Cu, Pb, Zn were delineated on the basis of 1:50000 stream sediment survey. The Au geochemical anomalies are large in size, and have obvious concentration centers and good element combinations. High-value magnetic anomalies are consistent with the geochemical anomalies. The authors carried out anomaly verification work through measuring the geological, geophysical and geochemical prospecting sections. The authors delineated multiple high-value Au soil anomalies, accompanied by highly intensified and low resistance anomalies. In this paper, based on the detailed and contrastive analysis of the geological, geophysical and geochemical anomalies as well as metallogenic conditions in the area, consider that the favorable parts of prospecting are contact

收稿日期: 2016-08-10; 改回日期: 2017-04-18

基金项目: 中国地质调查局项目“中条—熊耳山成矿区地质矿产调查”(DD20160043)资助。

作者简介: 刘啟能, 男, 1987年生, 硕士, 工程师, 研究方向为成矿规律与成矿预测; E-mail: 358586588@qq.com。

通讯作者: 周小栋, 男, 1987年生, 硕士, 工程师, 主要从事区域地质、矿产地质调查工作; E-mail: zhoux4304@163.com。

zone of intermediate-acid pluton and Huyoufang Formation, NWW faults structural; there are better prospecting potential in the zones of Au high-anomaly, the part of the mutation of positive and negative magnetic anomaly, the high polarizability and the low resistivity.

**Key words:** geophysical and geochemical prospecting; prospecting potential; gold deposits; Liulaowan; Dabie Mountain

**About the first author:** LIU Qineng, male, born in 1987, engineer, mainly engages in the study of economic geological survey; E-mail: 358586588@qq.com.

**About the corresponding author:** ZHOU Xiaodong, male, born in 1987, engineer, mainly engages in regional and economic geological survey; E-mail: zhouxd4304@163.com.

**Fund support:** Supported by the program of China Geological Survey (No.DD20160043).

## 1 引言

大别造山带为秦岭造山带的东延部分,是长期发育的陆内复合型造山带(赵宗溥,1995;董树文等,2005),带内地质体组成复杂,构造发育,岩浆活动频繁,对钼、金、银、铅、锌等内生金属矿产的形成极为有利。在燕山期,大别造山带发生了强烈的拆沉、伸展、折返和隆升(高山等,1999;杜建国等,2001;李超等,2002),产生了一系列大规模的构造-岩浆-流体成矿事件,构成了大别地区与岩浆活动有关的中生代钼金多金属矿床成矿系列(郭保健,2006;李厚民等,2008;Mao et al., 2009)。大别地区金矿主要集中于大别造山带中部,西起河南省桐柏县,东至安徽省东溪县,依次分布有歇马岭、银洞坡、老湾、金城、薄刀岭、余冲、凉亭、东溪等金矿床(点)(图1)。近年来,随着对该区金矿及其他矿产勘查投入的大幅提高,在老湾金矿、银洞坡金银矿、银洞沟银金矿等深部及外围找矿取得重要进展,并相继发现了汤家坪钼矿、千鹅冲钼矿、鲜花岭铅锌矿、沙坪沟钼矿等大型矿床,显示了大别造山带内巨大的找矿潜力。经论证,该带已成为中国第20个重要成矿带——武当—桐柏—大别钼、金、银多金属成矿带(彭三国等,2012)。河南商城地区位于该成矿带中部,向西分布有凉亭、余冲等一系列金矿床,向南分布有沙坪沟、汤家坪等一系列钼矿床。2013年,中国地质调查局“河南商城一段集地区矿产地质调查”项目通过实施1:5万矿产地质填图、1:5万高精度磁法测量、1:5万水系沉积物测量和1:5000地质、物化探剖面测量,圈定了刘老湾地区。笔者通过对刘老湾金矿预查区地质及地球化学、地球物理特征进行剖析,并将该区成矿地质条件与邻

区金矿床进行了分析对比,认为该区具有一定找金矿的前景,以期能为该区下一步矿产勘查工作起到一定的指导作用。

## 2 区域地质背景

大别造山带是扬子板块向华北板块俯冲碰撞形成的复杂构造带,由多个不同地质体经多次裂解-聚合,并最终拼贴焊接成为一体(Ames et al., 1993;王勇生等,2004;杨经绥等,2010)。造山带东边界被郟—庐断裂带所截,向西延伸至南阳盆地,总体呈东宽西窄的楔形地质体。自南向北可把造山带大致划分为宿松变质杂岩带、南大别变质核杂岩带(含高压、超高压岩块)、北大别变质杂岩带、北淮阳构造带(王清晨等,1998;高山等,1999)。

在大别山北麓,以桐柏—商城断裂(F4)为界,南侧为桐柏—大别变质核杂岩隆起带,北侧为北淮阳构造带。区域总体的构造格局表现为近南北向和近东西向两组构造相交构成的网格状构造体系。NW—NWW向深大断裂主要有龟山—梅山断裂(F3)、桐柏—商城断裂(F4)、晓天—磨子潭断裂(F5);NNE向断裂构造主要有商城—麻城断裂(F9)、大悟断裂(F7)、红安断裂(F8)。区内出露地层有太古界大别片麻杂岩建造、中元古界浒湾组中基性火山岩—陆源碎屑岩建造、新元古代震旦纪—早古生代奥陶纪肖家庙组滨海—浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造、中元古界龟山组中基性火山岩—泥砂质碎屑岩建造、下古生界—泥盆系南湾组陆源碎屑岩建造、石炭系碎屑岩—碳酸盐岩沉积建造、中生界侏罗系—白垩系火山岩建造等(图1)。

区内岩浆岩广泛发育,表现为侵入岩与喷出岩紧密共生的特点,从超基性岩至酸性岩均有发育,

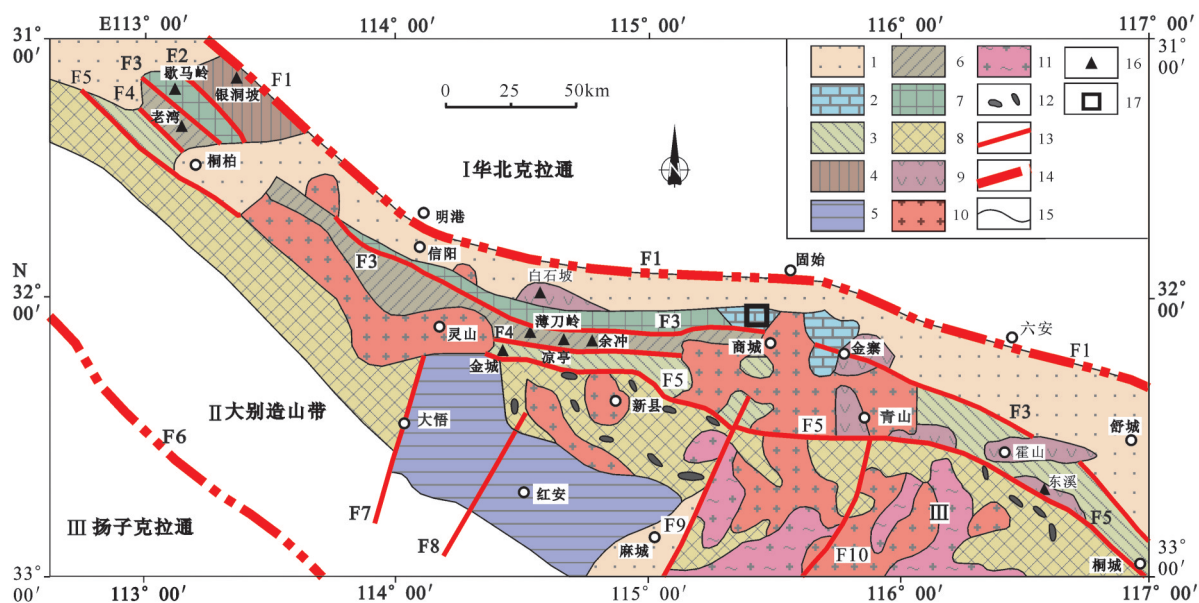


图1 大别造山带地质简图

- 1—中—新生界;2—石炭系;3—震旦系—下古生界肖家庙岩组、中元古界浒湾岩组;4—新元古界—古生界二郎坪群;5—新元古界红安岩群;6—中元古界龟山岩组夹泥盆系南湾组;7—古元古界秦岭岩群;8—新太古界—古元古界桐柏—大别变质杂岩;9—白垩系火山岩;10—燕山期花岗岩;11—晋宁期花岗岩;12—榴辉岩;13—断裂带;14—造山带边界;15—地质界线;16—金矿床;17—刘老湾地区

Fig.1 Geological sketch map of Dabie orogenic belt

- 1—Mesozoic—Cenozoic;2—Carboniferous;3—Sinian—Lower Palaeozoic Xiaojiamiao Formation complex, Mesoproterozoic Huwan Formation complex;4—Neoproterozoic—Paleozoic Erlangping Group;5—Neoproterozoic Hongan Group complex;6—Mesoproterozoic Guishan Formation complex and Devonian Nanwan Formation;7—Palaeoproterozoic Qinling Group complex;8—Archeozoic—Palaeoproterozoic Tongbai—Dabie metamorphic complexes;9—Cretaceous volcanic rocks;10—Yanshanian granites;11—Jinningian granites;12—Eclogite;13—Fault zone;14—The boundary of orogenic belt;15—Geological boundary;16—Gold deposit;17—Liulaowan area

其中以燕山期花岗岩为主。岩浆侵位明显受断裂构造控制,复式大岩基多发育于NW—NWW向和NNE向区域断裂的交汇部位,如沿桐柏—商城断裂自西向东分布的灵山岩体、新县岩体、商城岩体。NW—NWW向区域断裂与NNE向次级断裂交汇处往往控制了中酸性小岩体的产出(卢欣祥,1985)。这些巨量酸性岩浆活动,直接导致了该区的成矿大爆发,为区内钼、金多金属成矿作用提供了丰富的热源和物质来源(杜建国,2000;李厚民等,2008;李明利,2009;罗正传,2010)。

### 3 刘老湾地区地质概况

刘老湾地区位于商城岩体西侧,南距龟山—梅山断裂约1.5 km,东距商城—麻城断裂约3 km。区内出露地层主要为下古生界变质岩和石炭系上统碎屑沉积岩,从老到新依次为早古生界张家大庄组、石炭系上统杨小庄组、胡油坊组。张家大庄组分布于测区东北部,呈南北向展布,逆冲于石炭系

之上,岩性为硅质白云石大理岩。杨小庄组分布于测区东部,为一套河湖相含煤建造,岩性组合为含砾砂岩、长石砂岩、炭质板岩、煤层,受晚期商城岩体侵位影响,岩石发生热变质作用,形成少量炭质绢云石英片岩、炭质红柱石黑云片岩。胡油坊组为区内主要地层,出露于测区西部,为一套河湖相碎屑沉积建造,岩性组合为砾岩、含砾长石砂岩、长石砂岩、粉砂质泥岩,呈韵律互层产出。第四系全新统沿东部低凹地区分布(图2)。

区内构造以褶皱为主,走向均为NW—SE向,最大的褶皱位于测区西南部刘家寨一带,出露全长约3 km,宽约1 km,为一个开阔斜歪倾伏背斜。该背斜总体走向130°,轴面倾向约210°,倾角60°~70°。枢纽向南倾伏,南西翼倾向220°~260°,倾角36°~45°。北东翼倾向0°~35°,倾角20°~65°。核部及两翼地层均由胡油坊组长石砂岩组成。测区断裂较发育,可分为北东向和北西西向两组,北西西断裂规模较小,出露宽度1~10 m,长约几米到数十米不

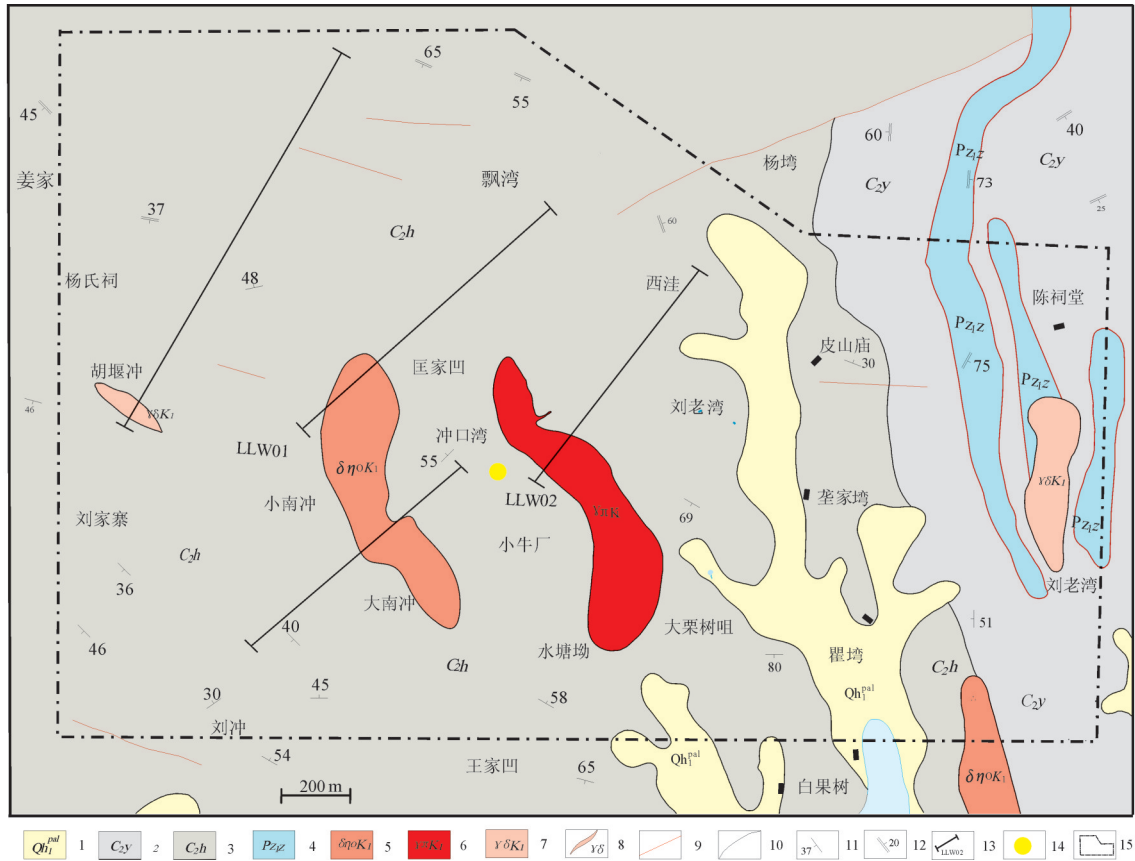


图2 刘老湾地区地质简图

1—第四系全新统;2—石炭系上统杨小庄组;3—石炭系上统胡油坊组;4—下古生界张家大庄组;5—石英二长闪长岩;  
6—花岗斑岩;7—花岗闪长岩;8—花岗闪长岩脉;9—地质界线;10—断层;11—地层产状;12—片理产状;13—地质、物化探综合剖面;14—金矿化点;15—村庄;16—刘老湾地区

Fig. 2 Geological sketch map of Liulaowan reconnaissance area

1—Quaternary Holocene;2—Yangxiaozi Formation of upper Carboniferous;3—Huyoufang Formation of upper Carboniferous;  
4—Zhangjiadazhuang Formation of Lower Palaeozoic;5—Quartz monzodiorite;6—Granite porphyry;7—Granodiorite;  
8—Granodiorite vein;9— Geological boundary;10—Fault;11—Attitude of strata;12—Attitude of schistosity;13—Geological, geophysical and geochemical section;14—Gold mineralization spot;15—Village;16—Liulaowan area

等,多数被后期石英脉充填。北东向断裂规模较大,位于杨湾一带,长约2 km,宽约10 m,北部被下古生界张家大庄组掩盖,向南延伸至胡油坊组中。断层倾向南东,局部倾向北西,呈舒缓波状,倾角70°左右,两盘岩石分别为胡油坊组和杨小庄组,断层性质为左旋平移。

区内岩浆岩较发育,规模较小,均为中酸性岩体,分别为小南冲、冲口湾、陈氏祠岩体。小南冲岩体分布于区内中部大南冲—小南冲一带,岩性为石英二长闪长岩,出露面积约0.5 km<sup>2</sup>,大致呈NNW向展布,岩石蚀变较强,地表褐铁矿化明显。冲口湾岩体分布于测区中部冲口湾—水塘坳一带,岩性为

花岗斑岩,出露面积约0.52 km<sup>2</sup>,呈NNW向展布,岩石褐铁矿化明显,裂隙面具黄铁矿化、方铅矿化,局部见黄铁矿细脉穿插于岩石中。程氏祠岩体分布于测区东南角刘老湾一带,地表出露面积约0.2 km<sup>2</sup>,主要岩性为花岗闪长岩。除以上岩体外,测区西部胡堰冲出露花岗闪长岩脉一条,NW向分布,规模较小。

#### 4 样品与实验

该研究通过1:5万水系沉积物测量、高精度磁法测量,圈定物化探异常;通过1:5000地质、物化探综合剖面对异常进行查证,基本查明引起异常的原

因,并寻找矿化线索。

1:5万水系沉积物测量采用正方形网格布样,采样密度为4.8个/km<sup>2</sup>,采样点布置在I、II级水系及干沟中,每个样点控制汇水面积为0.125~0.25 km<sup>2</sup>。采样位置选在河床、支沟的底部、水流由急变缓处、河道转弯处等,野外采用GPS定点,采样用一点多坑法,即在采样点上下游15~30 m内采3~5个小样组成一个样,样品原始重量600~900 g。样品经晒干、揉碎、过筛、缩分送实验室分析。测试后的数据需统计均值 $X$ 和方差 $S$ ,对大于 $X+3S$ 和小于 $X-3S$ 的数据进行剔除,并用 $T=X+2S$ 确定异常下限。单元素地球异常图使用《金维地学信息处理研究应用系统 GeoIPAS 2.1》软件绘制完成,异常部分按全区异常下限值的1倍、2倍和4倍划分三个浓集带,分别以粉红、红、深红三种面色。在单元素异常的基础上,按照单元素的异常边界、元素组合关系、空间分布及套合情况,进一步对单元素异常进行空间叠加分析,编制综合异常图。

1:5万地面高磁测量采用重庆奔腾数控研究所生产的WCZ-1高精度磁法仪,按500 m×100 m规则网进行,采样密度为20点/km<sup>2</sup>,采样率为100%,观测均方误差±2.5 nT,优于设计精度5 nT。在室内用《金维地学信息处理研究应用系统 GeoIPAS 2.6》软件对磁测数据进行正常磁异常校正、磁日变校正、高度校正,然后用200 m×200 m网距,搜索半径1500 m对数据进行网格化,形成 $\Delta T$ 等值线图。为了消除倾斜磁化的影响,使磁异常中心正好对应在地质体的正上方,以方便对异常进行解释,该研究对磁测 $\Delta T$ 数据进行化极处理,也就是将倾斜磁化的 $\Delta T$ 场变化成垂直磁化的 $\Delta Z$ 场。为了解不同深度的磁场特征,该研究还对 $\Delta T$ 化极数据进行了向上和向下延拓处理,对根据位场理论,随上延高度的增加,磁性体引起的异常幅度按指数规律衰减,衰减最快的为浅部无根的局部磁性体引起的高频异常成分,而较深的大范围磁性体引起的低频异常成分则衰减较慢,从而使向上延拓处理起到压制浅部异常而突出深部异常的作用,而向下延拓则相反,可以起到突出浅部局部磁性体引起异常的作用。

1:5000地质、物化探综合剖面均近垂直于物化探异常的长轴方向布置(图2),测量使用的电法仪器为WDJD-3多功能数字直流激电仪,线距200 m,

点距40 m,供电极距 $AB=700$  m,测量极距 $MN=20$  m,视极化率均方相对误差3.1%,视电阻率均方相对误差2%。高磁测量仍采用WCZ-1高精度磁法仪,点距20 m,观测均方误差±0.8 nT,优于设计精度2 nT。土壤剖面采样间距为40 m,构造蚀变处加密到20 m,在采样间距范围内连续采集3~5个样点合并为一个样品,采样层位为B层,即淋积层,取样深度一般20~30 cm。样品经干燥后,全部过60目钢筛,缩分至300 g,取正样150 g送实验室分析。测试后的数据首先用 $X\pm 3S$ 公式进行剔除,然后确定异常下限,土壤异常解析图在Mapgis中的数字高程模型系统中制作完成,异常部分按全区异常下限值的1倍、2倍、4倍和8倍划分四个浓集带,分别以粉红、红、浅深红、深红四种面色。

水系沉积物和土壤样品均在具甲级资质的河南省地质调查院实验室分析,Cu、Pb、Zn、Ag、Bi用原子发射光谱法,采用北京瑞利生产的WP-1型平面光栅光谱仪,测试精度Cu优于2 μg/g,Pb优于3 μg/g,Zn优于5 μg/g,Ag优于0.03 μg/g,Bi优于0.1 μg/g。As、Sb用原子荧光法,采用AFS-2202E型原子荧光光谱仪,测试精度As优于0.5 μg/g,Sb优于0.1 μg/g。Mo用极谱法,采用山东电讯七厂生产的JP4000型示波极谱仪,测试精度优于0.5 μg/g。Au用化学-光谱法分析,采用WP-1型平面光栅光谱仪,测试精度优于0.0003 μg/g。各元素报出率均大于99%。

## 5 物、化探异常特征

### 5.1 地球化学异常

通过1:5万水系沉积物测量工作,在刘老湾地区圈出了Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、As、Sb综合异常。该综合异常总体呈椭圆状分布,面积约12.48 km<sup>2</sup>,异常元素以Au、Ag、Cu、Pb、Zn为主,伴生Mo、Sb、As异常,为中低温热液型元素异常组合。该综合异常规模大,强度较高,具浓集中心且分带明显,元素套合较好(图3)。具体特征如下:

Au元素异常强度高,面积达10.75 km<sup>2</sup>,形态规整,发育内、中、外三个带,Au最大值 $26.2\times 10^{-6}$ ,平均值 $7.07\times 10^{-6}$ ,衬度1.77(表1),总体呈条带状近东西向展布,具一个浓集中心,位于冲口湾岩体与胡油坊组接触带附近。Ag元素规模较小,强度较高,最

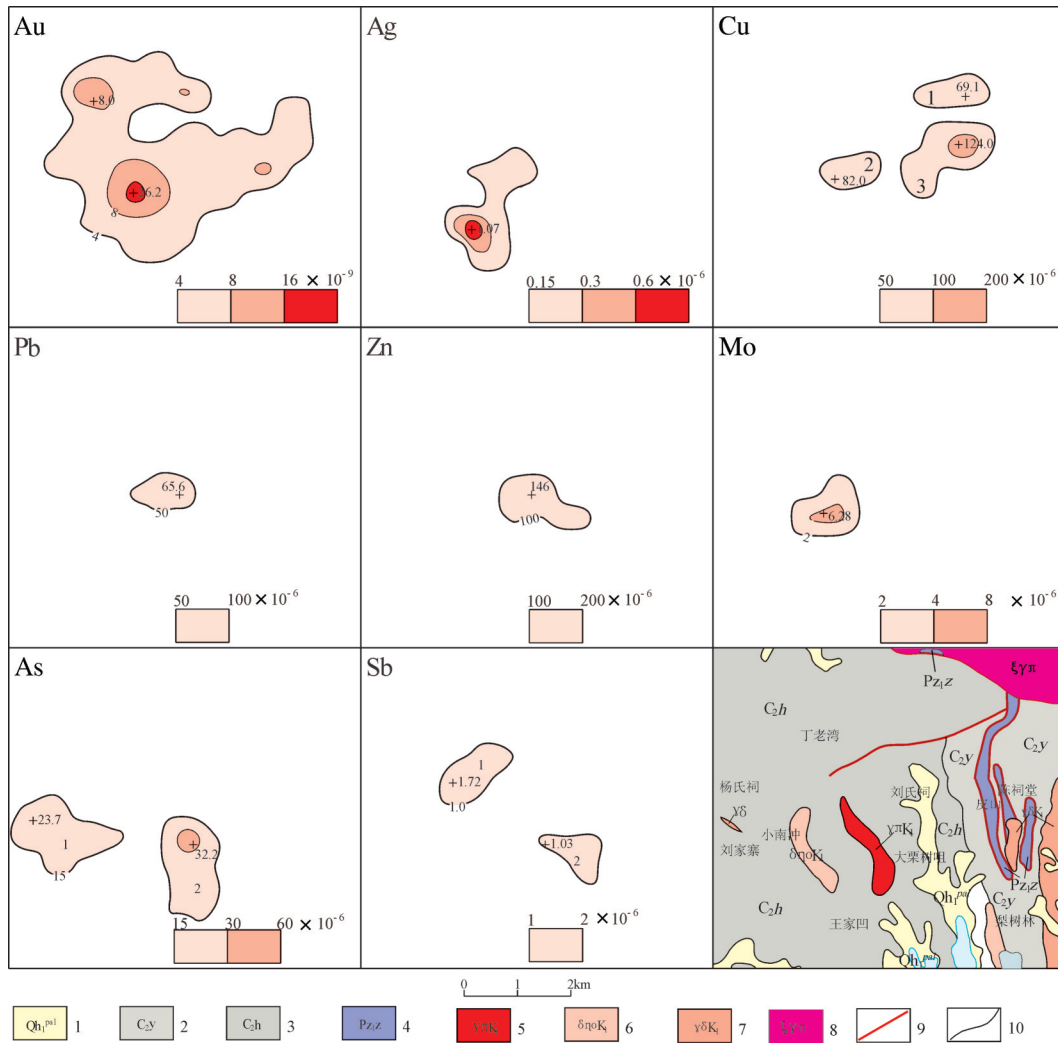


图3 刘老湾地区 1:5 万水系沉积物综合异常剖析图

1—全新统;2—杨小庄组;3—胡油坊组;4—张家大庄组;5—花岗斑岩;6—石英二长闪长岩;7—花岗闪长岩;  
8—片麻状正长花岗岩;9—断层;10—地质界线

Fig.3 Analysis of the integrated anomaly from 1:50000 stream sediments survey in Liulaowan reconnaissance area  
1— Holocene; 2— Yangxiaozhuang Formation; 3— Huyoufang Formation; 4— Zhangjiadazhuang Formation; 5— Granite porphyry; 6— Quartz monzodiorite; 7— Granodiorite; 8— Gneissic syenogranite; 9— Fault; 10— Geological boundary

大值  $1.07 \times 10^{-6}$ , 平均值  $0.3 \times 10^{-6}$ , 呈椭圆状、条带状, 长轴近北东向展布, 发育内、中、外三个带, 具一个浓集中心, 与 Au 的浓集中心套合较好。Mo 元素规模较小, 但强度较高, 最大值  $6.28 \times 10^{-6}$ , 平均值  $4.66 \times 10^{-6}$ , 呈椭圆状, 发育中带和外带, Mo 与 Au 浓集中心位置及岩体位置吻合好。Cu 元素在区内有三处异常, 规模较小, 其中的 3 号异常发育中带和外带, 最大值  $124 \times 10^{-6}$ , Cu 异常总体位于杨湾断裂附近, 呈椭圆状, 与断裂方向一致呈北东向展布。As、Sb 元素各有两处异常, 分布相对分散, As 最大值  $32.2 \times 10^{-6}$ , Sb 最大值  $1.72 \times 10^{-6}$ , 二者一部分与 Mo 及

岩体套合较好, 一部分偏离岩体。Pb、Zn 元素规模较小, 最大值分别为  $65 \times 10^{-6}$ 、 $146 \times 10^{-6}$ , 与 Mo、Au、Ag 元素完全套合。

异常区出露石炭系胡油坊组、杨小庄组碎屑岩, 有白垩纪中酸性小岩体侵入, 北西、北东向断裂较发育。在 Au 单元素异常图上(图 4), Au 异常在冲口湾岩体内及与胡油坊组接触带上形成浓集中心, 表明 Au 可能来源于胡油坊组或冲口湾岩体, 或者二者均有, 参考综合异常图上 Au 与 Mo 浓集中心和岩体位置三者严格对应, 可以认为成矿元素来源于岩体的可能性更大, 可能是岩体在侵位过程中, 岩

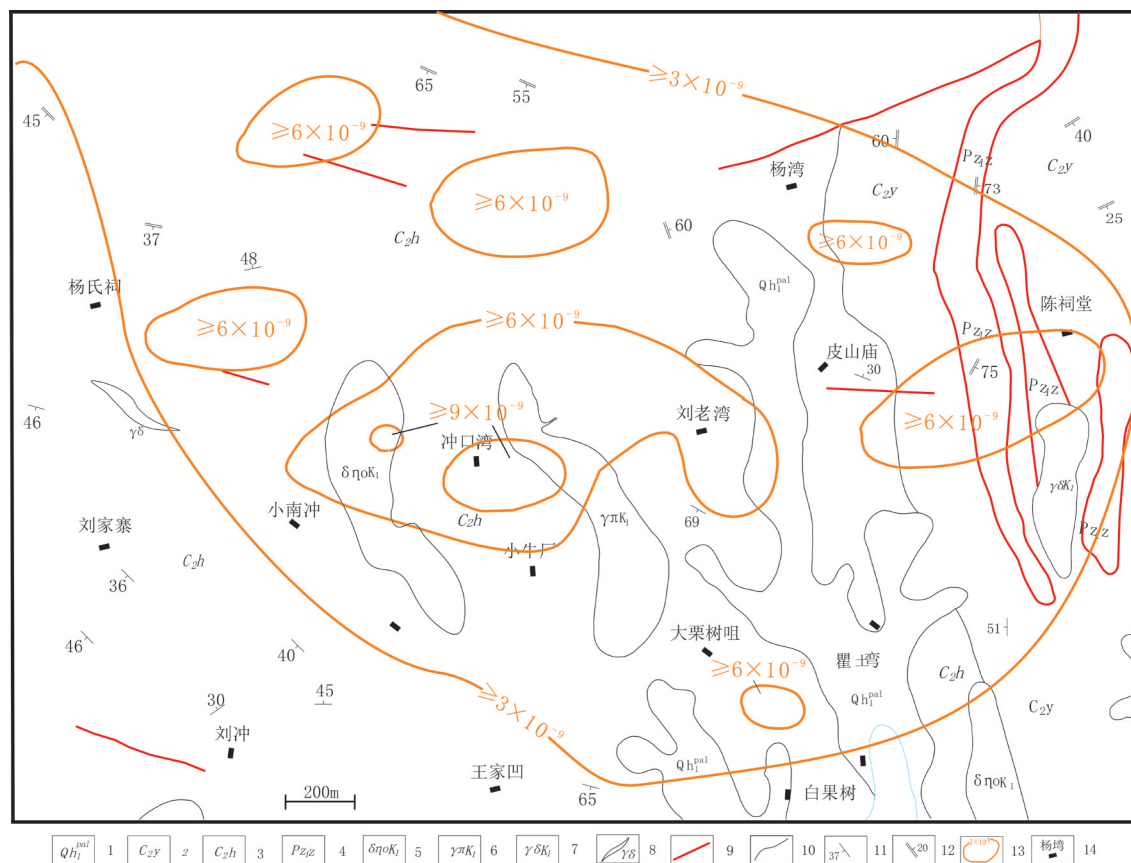


图4 刘老湾地区1:5万水系沉积物Au单元元素异常图代号(图例同图2)

Fig.4 The Au element geochemical anomaly map of 1:50000 stream sediments survey from Liulaowan reconnaissance area

浆期后热液与地层发生作用,萃取了地层中的Au元素,在接触带附近沉淀富集。图上还显示,Au异常在北西-近东西向断裂附近形成浓集中带,这可能是含Au热液从岩体分离,向外沿断裂运移充填形成。在综合异常图上,Pb、Zn、Ag与Au、Mo元素异常完全套合,可能指示其具有同源性,共同受控于岩体。Cu和部分As、Sb元素异常与岩体偏离较大,并与北东向断裂套合一致,显示它们是含矿热液沿此断裂充填形成。综上所述,该区的综合异常为与中酸性岩体有关的Au、Ag、Cu、Pb、Zn矿化所引起,其形成受岩体和断裂综合控制,初步认为该区是寻找岩浆热液型金矿的有利地区。

## 5.2 地球物理异常

在刘老湾地区进行了1:5万高精度磁法测量,编制了1:5万高磁异常化极等值线图(图5),并对区内各地质单位的不同岩性进行了磁性参数测定(表2),结果显示下古生界张家大庄组( $P_{2z}$ )白云石大理岩为无磁性地层,磁化率最低为 $0.6\sim 24\times 10^{-5}$ SI,在等值线图上呈负磁异常,磁场分布平稳;石炭系杨小庄组

( $C_{2y}$ )、胡油坊组( $C_{2h}$ )砂岩、粉砂质泥岩岩、炭质板岩为弱磁性地层,磁化率为 $8.7\times 10^{-5}\sim 152\times 10^{-5}$ SI,表现为弱正磁异常,磁场平稳,磁场梯度较小。石英二长闪长岩( $\delta\eta 0$ )花岗闪长岩( $\gamma\delta$ )磁化率较高,分别为 $1030\times 10^{-5}\sim 5571\times 10^{-5}$ SI和 $643.2\times 10^{-5}\sim 3056\times 10^{-5}$ SI,表现为正磁异常。区内花岗斑岩( $\gamma\pi$ )磁化率也较高,变化在 $144\sim 2936\times 10^{-5}$ SI,呈正磁异常。

在区内圈出了CY-21和CY-4两个高磁异常,CY-21异常位于飘湾—龚家湾一带,呈北西向带状,长5.2 km,宽1 km,面积约5.2 km<sup>2</sup>。异常值范围一般为0~120 nt,具多个峰值,最高磁场值248 nT。CY-4异常位于大南冲—姜家一带,呈北西向带状,长4 km,宽0.8 km,面积约3.35 km<sup>2</sup>。异常值范围-250~294 nT,具多个峰值,最高磁场值294 nT。两异常等值线结构层次清晰,负磁异常围绕正磁异常,从中心向外异常值由正到负逐渐减少。异常线基本对称,沿北西方向平行延伸,推测磁性体可能为似板状二度体。异常区内出露地层为张家大庄组大理岩和石炭系碎屑岩,磁化率较低,而出露的

表1 刘老湾地区水系沉积物异常特征

Table 1 The geochemical anomaly characteristics of stream sediments survey from Liulaowan area

元素	异常下限	形状	面积/km <sup>2</sup>	最高值	平均值	衬度	相对规模	浓度分带
Au	4	条带状	10.75	26.2	7.07	1.77	19.01	I
Ag	0.15	条带状	1.932	1.07	0.332	2.21	4.27	I
Cu1	50	似椭圆	0.68	69.1	60.83	1.22	0.82	III
Cu2	50	似椭圆	0.6	82	67.83	1.36	0.82	III
Cu3	50	条带状	1.5	124	81.57	1.63	2.45	II
Pb	50	似椭圆	0.63	65.6	60.28	1.21	0.76	III
Zn	100	条带状	1.1	146	126.25	1.26	1.38	III
Mo	2	不规则	1.06	6.28	4.66	2.33	2.46	II
Sb1	1	似椭圆	0.94	1.72	1.27	1.27	1.2	III
Sb2	1	不规则	0.64	1.03	1.03	1.03	0.66	III
As1	15	不规则	1.74	23.7	19.07	1.27	2.22	III
As2	15	条带状	1.69	32.2	21.94	1.46	2.47	II

注:Au元素单位为10<sup>-9</sup>,Ag、Mo、Cu、Pb、Zn、Sb、As等元素单位为10<sup>-6</sup>;分析测试由河南省地质调查院完成。

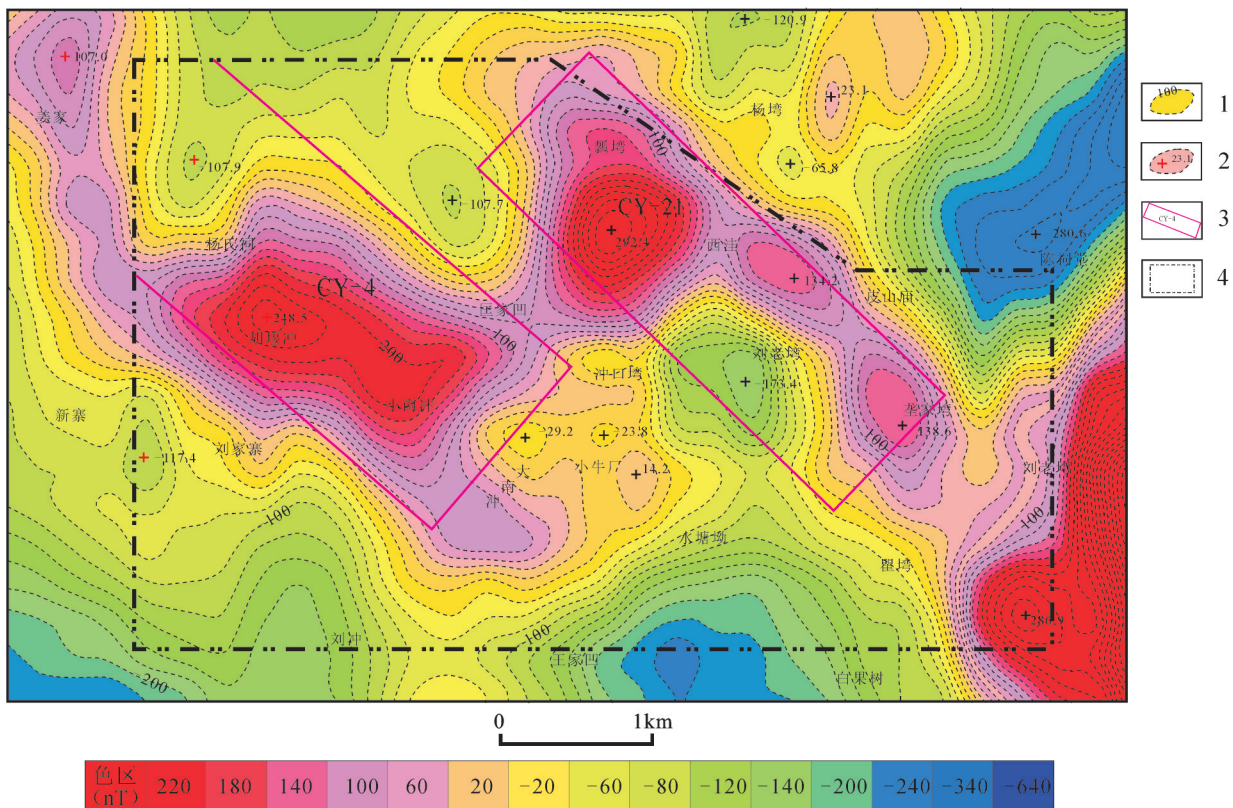


图5 刘老湾地区1:5万高磁异常化极等值线图

1—磁性等值线;2—磁异常极值点;3—高磁异常范围及编号;4—刘老湾地区

Fig.5 Plan contour view of reduction to pole of 1:50000 magnetic anomaly from Liulaowan area

1—Contour line of magnetism;2—Extreme point of magnetic anomaly;3—The field and serial number of high value magnetic anomaly; 4—Liulaowan area



表2 刘老湾地区各岩性磁性参数一览表

Table 2 The statistics of magnetic parameters of various lithologic characters from Liulaowan area

标本名称	地质代号	标本块数	磁化率/(10 <sup>-5</sup> SI)		
			最大值	最小值	平均值
白云石大理岩	Pz <sub>1z</sub>	8	24	0.6	10.7
砂岩		15	152	9.3	35.4
粉砂质泥岩	C <sub>2y</sub> 或 C <sub>2h</sub>	10	138	8.7	45.6
炭质板岩		4	18.4	10.7	12
石英二长闪长岩	δη <sub>0</sub>	5	5571	1030	3356
花岗闪长岩	γδ	3	3056	643.2	2456.6
花岗斑岩	γπ	2	2936	144	1330

岩浆岩磁性较高,出露位置与CY-21和CY-4号高磁异常也完全对应,因此推测两个高磁异常由石英二长闪长岩和花岗斑岩引起,可能是岩体本身或者岩浆期后的热液蚀变形成的磁性物导致的高磁异常。

为了解区内浅表和深部的磁场特征,对磁测数据进行向下、向上延拓处理,随着下延高度的增加,逐步体现浅表异常的特征,而随着上延高度的增加,逐步揭示的是深部异常特征。对区内异常进行下延100 m,异常最大值变为390 nT,上升梯度很小,仅为1.5 nT/m,表明浅表异常较弱。对区内异常上延500 m,再上延到1000 m,CY-4和CY-21两异常逐渐合为一体,最大值减少至2 nT,减少的梯度很小,仅为0.2 nT/m,并且异常范围基本不变,显示了其深部的区域性。由此推断,区内两高磁异常主要由深部异常体引起,区内沉积岩和变质岩均为弱磁性和无磁性,仅岩浆岩磁性较强,暗示该区深部可能存在隐伏岩体,且埋深较大,为预查区内地表出露岩体向深部的延伸。

## 6 成矿条件分析

### 6.1 构造条件

刘老湾地区位于龟山—梅山深大断裂和商城—麻城断裂交汇处的北东侧(图6)。龟山—梅山断裂带总体为东西—北西西向,出露宽度几百米至数千千米不等,该断裂带是一条重要的控矿断裂带,控制了区域上老湾金矿、歇马岭金矿、薄刀岭金矿、余冲金矿、凉亭金矿等一系列矿床的产出(图1)。在刘老湾地区,龟山—梅山断裂带位于龟山岩组和胡油坊组之间,带内岩石主要为龟山岩组,带内可见

角砾岩、碎裂岩、碎粉岩、糜棱岩。根据显微构造分析,该断裂带具有多期次、不同性质活动的特点,其变形大致经历了逆冲推覆韧性变形、走滑韧性变形、脆性破裂三个阶段(刘文灿等,2000)。已有研究表明,老湾金矿、歇马岭金矿、薄刀岭金矿、凉亭金矿少部分产于龟山—梅山断裂带内部,而大部分产于断裂带以外的次级断裂中,赋矿断裂均为NWW向的脆性裂隙(张学忠,2007;陈加伟,2010;姜克全,2012;杨梅珍等,2014)。杨梅珍等(2014)在研究老湾金矿床中,发现产于主断裂带中的控矿断裂与早期区域变质片理呈大角度相交,后期赋矿断裂明显错开早期变质流体形成的无矿石英脉,显示金成矿与龟山—梅山断裂早期的韧性剪切变形关系不大,而受晚期脆性破裂的控制。年代学研究表明,龟山—梅山断裂带最早形成时间为中生代(Faure et al., 1999),在236~214 Ma(Xu et al., 2000),由于不同构造块体斜向碰撞汇聚(傅昭仁,1999),形成了平行于造山带的韧性剪切带,随后195~187 Ma(Xu et al., 2000),由于地壳垂向隆升,产生了浅层次的脆性变形。由此推断,区域上金成矿虽然与龟山—梅山韧性剪切带关系密切,但与造山型金矿不同,属于造山后发生的浅层次热液成矿事件,可能与燕山期岩浆活动有关。预查区紧邻龟山—梅山断裂,区内褶皱发育,北西西向次级断裂较发育,龟山—梅山断裂可为成矿热液运移提供良好的通道,褶皱形成的虚脱部位及NWW向次级断裂可为含金热液沉淀提供赋矿空间。

### 6.2 地层条件

区域上,众多金矿床赋矿地层均为古老变质地层,如银洞坡金矿为新元古界歪头山组、歇马岭金

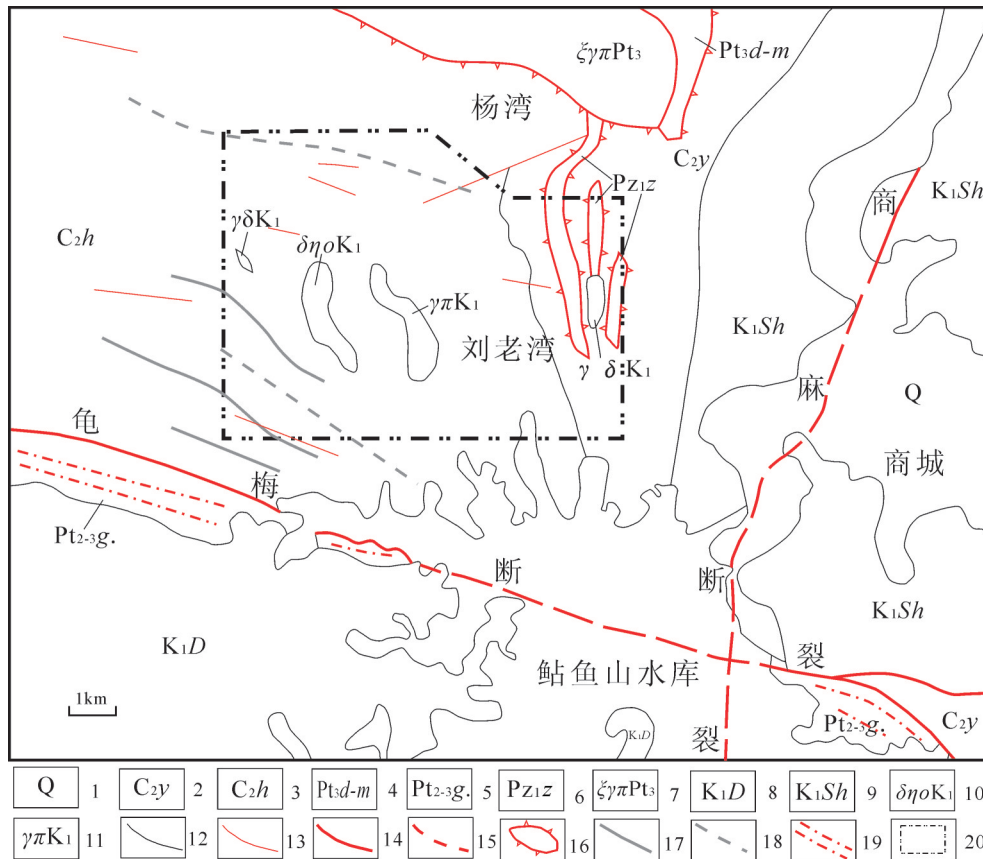


图6 刘老湾地区构造纲要图

1—第四系;2—杨小庄组;3—胡油坊组;4—大红口组、煤窑沟组;5—龟山岩组;6—张家大庄组;7—正长花岗岩;8—达权店岩体;9—商城岩体;10—石英二长闪长岩;11—花岗斑岩;12—地质界线;13—断层;14—区域断裂;15—隐伏区域断裂;16—飞来峰;17—向斜;18—背斜;19—韧性剪切带;20—刘老湾地区

Fig.6 The structure outline map of Liulaowan area

1- Quaternary; 2- Yangxiaozhuang Formation; 3- Huyoufang Formation; 4- Dahongkou and Meiyaogou Formation; 5- Guishan Formation complex; 6- Zhangjiadazhuang Formation; 7- Syenogranite; 8- Daquandian pluton; 9- Shangcheng pluton; 10- Quartz monzodiorite; 11- Granite porphyry; 12- Geological boundary; 13- Fault; 14- Regional faults; 15- Buried regional faults; 16- Klippe; 17- Syncline; 18- Anticline; 19- Ductile shear zone; 20- Liulaowan area

矿为古元古界秦岭岩群,金城金矿为中元古界浒湾岩群,老湾、余冲、凉亭金矿为中元古界龟山岩组。这些老变质岩原岩为一套基性火山岩-碎屑沉积岩建造,金含量较高(表3),为地壳平均值的1.9~7.6倍,它们在成矿过程中可能为矿源层,如果再受到后期岩浆作用的叠加改造,在一定的物理化学条件下便容易成矿。区内出露地层主要为石炭系胡油坊组、杨小庄组碎屑岩,为一套河湖、沼泽相沉积建造,岩石中Au含量也较高,一般 $1 \times 10^{-9} \sim 2.2 \times 10^{-9}$ ,个别可达 $10 \times 10^{-9}$ 。根据前人对胡油坊组砾岩的研究,其源岩成分比较复杂,为中元古-一新元古界变质地层,可能含有龟山岩组的成分(李双应等,2003),这

表明胡油坊组高含量的Au可能继承了其源岩的特点。区内胡油坊组与龟山岩组中Au丰度基本相当,认为胡油坊组可能也是一个矿源层,当其与岩浆热液作用时,其中Au也可以被活化运移至有利位置成矿,因此认为胡油坊组是一个Au成矿的有利层位。

### 6.3 岩浆岩条件

在大别山地区,晚侏罗世-早白垩世,构造体制由挤压向伸展转换,造山带发生强烈拆沉作用,造成了大别山地区大规模的岩浆作用和成矿大爆发(戴圣潜等,2003; Ma et al., 2004; Mao et al., 2003; 钱存超等,2004)。区域上众多金矿床如老湾

表3 大别地区主要含Au地层统计  
Table 3 The gold content of primary layers in Dabie area

岩石单元	Au 含量/ $10^{-9}$	与地壳平均值比值	数据来源
古生界二郎坪岩群歪头山组中部	26.8	7.6	罗铭玖, 1992
中元古界龟山岩组下段	11.17	3.1	罗铭玖, 1992
古元古界秦岭岩群	6.9	1.9	姜克全, 2012
石炭系胡油坊组	10	2.8	河南区调队, 1992

金矿、白石坡银金矿、余冲金矿、凉亭金矿等,在空间上均与岩浆岩紧密共生,它们的成矿年龄和与之相伴的岩浆岩年龄也在误差范围内接近一致,多集中在晚侏罗—早白垩世(表4),显示它们属于同一期构造—岩浆—成矿作用事件。上述矿床矿石中硫同位素在 $-6.9\text{‰} \sim 5.9\text{‰}$ ,大多集中在 $1\text{‰} \sim 5.6\text{‰}$ 狭窄范围内,为深源岩浆成因硫,成矿流体中氧同位素为 $0 \sim 11.4\text{‰}$ ,显示成矿流体为岩浆热液,以上都表明区内金成矿与岩浆岩关系密切,均有成因上的联系。该期岩浆多为基性火山岩—碎屑岩重熔形成的S型岩浆或壳幔同融形成的I型岩浆,它们本身含有一定金成矿物质(王连庆等,2002;罗正传,2010;刘洪,2013;杨梅珍等,2014)。由此推测,受区域构造演化及基底物质的控制,该期岩浆活动具有金的成矿专属性,在其侵入或喷发过程中,在一定的物理、化学条件下与围岩发生作用,便容易成矿。

在刘老湾地区内东部出露大面积商城复式岩体,主要岩性为似斑状二长花岗岩,属于壳幔同融I型花岗岩,成岩年龄在136 Ma左右,为晚侏罗—早白垩世,构造体制由挤压向伸展转换的产物(黄丹峰,2010;高昕宇等,2013)。测区距商城岩体仅约3 km,区内花岗斑岩的微量元素特征与商城岩体相似(河南区调队,1992),显示它们具有同源性,可能为商城岩体演化分异末期的产物。前述高磁异常特征显示花岗斑岩向深部有延伸扩大的趋势,因此在

深部很有可能与商城岩体连成一片,从而有商城岩体产生的成矿热液运移到本地区进而成矿的可能。

## 7 找矿前景分析

测区内物化探异常明显,具有良好的成矿地质条件,并且异常与成矿地质体耦合性较好,该研究对测区实施了1:5000地质、物化探综合剖面对水系沉积物异常进行查证。区内岩石磁性参数(表2),可以看出,岩体的磁性最高,呈正磁异常,碎屑岩和变质地层具弱磁电性或无磁性,呈负磁异常。区内岩石电性参数见表5,其中含黄铁矿、含炭质碎屑岩极化率较高,平均值分别为6.5%和5.8%;相应的电阻率也较低,平均值分别为 $879 \Omega \cdot \text{m}$ 和 $607 \Omega \cdot \text{m}$ 。以全区土壤样品来统计各元素异常下限,Au为 $6 \times 10^{-9}$ ,Ag为 $0.19 \times 10^{-6}$ ,Pb为 $60 \times 10^{-6}$ ,Zn为 $120 \times 10^{-6}$ 。

LLW01剖面(图7)Au异常连续,有12个样品高于 $6 \times 10^{-9}$ ,最大值 $24.86 \times 10^{-9}$ ,伴生Ag、Pb、Zn、Bi、As异常,Ag最大值 $0.82 \times 10^{-6}$ ,Pb最大值 $101 \times 10^{-6}$ ,Zn最大值 $144 \times 10^{-6}$ 。高磁异常幅值为 $-600 \sim 300 \text{ nT}$ ,总体表现为负磁异常,局部正磁异常,呈不均匀跳跃变化。极化率较高,总体在7%~12%,局部可达16%。电阻率波动较大,岩体中较高,最高为 $2500 \Omega \cdot \text{m}$ ,地层中较低,最低为几十欧姆·米。

LLW02剖面(图8)Au异常连续,有24个样品Au高于 $6 \times 10^{-9}$ ,最大值 $22.7 \times 10^{-9}$ ,伴生Bi、As、Ag、Pb、

表4 大别地区主要金矿床成岩、成矿年龄及氧、硫同位素统计

Table 4 The ages of original rock and mineralization as well as O-S isotopic composition of the primary gold deposits in Dabie area

矿床名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	成岩、成矿年龄	数据来源
老湾	3.2~11.2	1.6~5.9	含矿花岗斑岩:(138.9±3.3)Ma 热液白云母:(138±1.4)Ma	张冠等,2008;陈良等,2009;杨梅珍等,2013
余冲	4.9	5	花岗岩:燕山期	张学忠等,2007;罗正传,2010
凉亭	8	3.2~3.4	花岗岩:燕山期	张学忠等,2007;罗正传,2010
金城	5.5~11.4	-6.1~5.5	含矿花岗斑岩:(129.3±2.5)Ma	周红升等,2009;刘洪等,2013
白石坡		-0.2~1.7	含矿花岗斑岩:(142.0±4.3)Ma	张学忠等,2007;李厚民等,2007
银洞坡	0~10.8	1~3.4		张静等,2006

表5 刘老湾地区各类岩石电性参数  
Table 5 The electrical parameters of various lithologic characters in Liulaowan area

岩石名称	标本个数	极化率/%			电阻率/ $\Omega\cdot m$		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
长石石英砂岩、粉砂岩、砾岩 (含黄铁矿)	17	4.1	9.3	6.5	67	2326	879
石英二长闪长岩	6	2.8	6.9	4.4	555	4137	1793
二长花岗(斑)岩	8	1.3	4.6	3.0	1741	6163	3381
白云石大理岩	10	1.5	3.3	2.1	826	3458	2213
炭质板岩、泥岩	7	1.9	10.2	5.5	13	2003	607

Zn、Sb异常,As最大值 $61\times 10^{-6}$ 。高磁异常幅值总体为-200~600 nT,最高达1000 nT,表现为磁场不均匀,正负磁异常跳跃。极化率较高,总体位于7%~10%,最高可达17%。电阻率波动较大,岩体中较高,最高5000  $\Omega\cdot m$ ,地层中较低,最低为几十欧姆·米。

从以上剖面看出,土壤异常与1:5万水系沉积物吻合性、重现性较好,以Zn、Au、As、Ag综合异常为主,Au异常稳定且连续。Au土壤高值异常主要分布在岩体与地层接触带附近,显示Au矿化与岩体关系密切。高磁异常总的比较平稳,局部呈正、负值突变

跳跃,这种跳跃可能反映了弱磁性的石炭纪地层受到热液蚀变产生了局部磁性物质所致。高极化率和低电阻率异常主要分布于含炭质的石炭系碎屑岩中和以及岩体与围岩的接触带上,炭质地层本身具有较高的极化率和低电阻率,而出现在接触带上,异常源可能是热液蚀变产生的金属硫化物。

根据上述对比分析结果,结合岩石物性参数及土壤元素异常特征,可以推断:①在两剖面东端同时出现大规模连续的高极化率、极低电阻率,应该是炭质地层所引起,因为金属矿物在地层中往往分

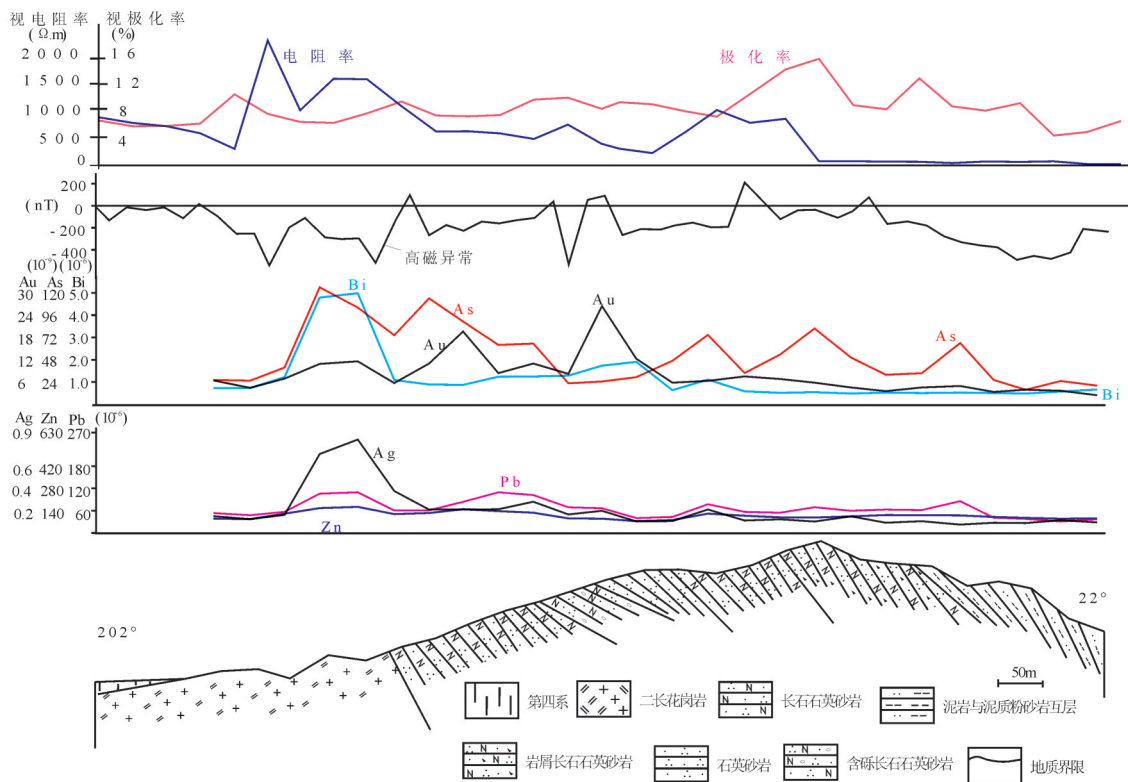


图7 LLW01地质、物化探综合剖面

Fig.7 The geological, geophysical and geochemical section of LLW01 from Liulaowan reconnaissance area

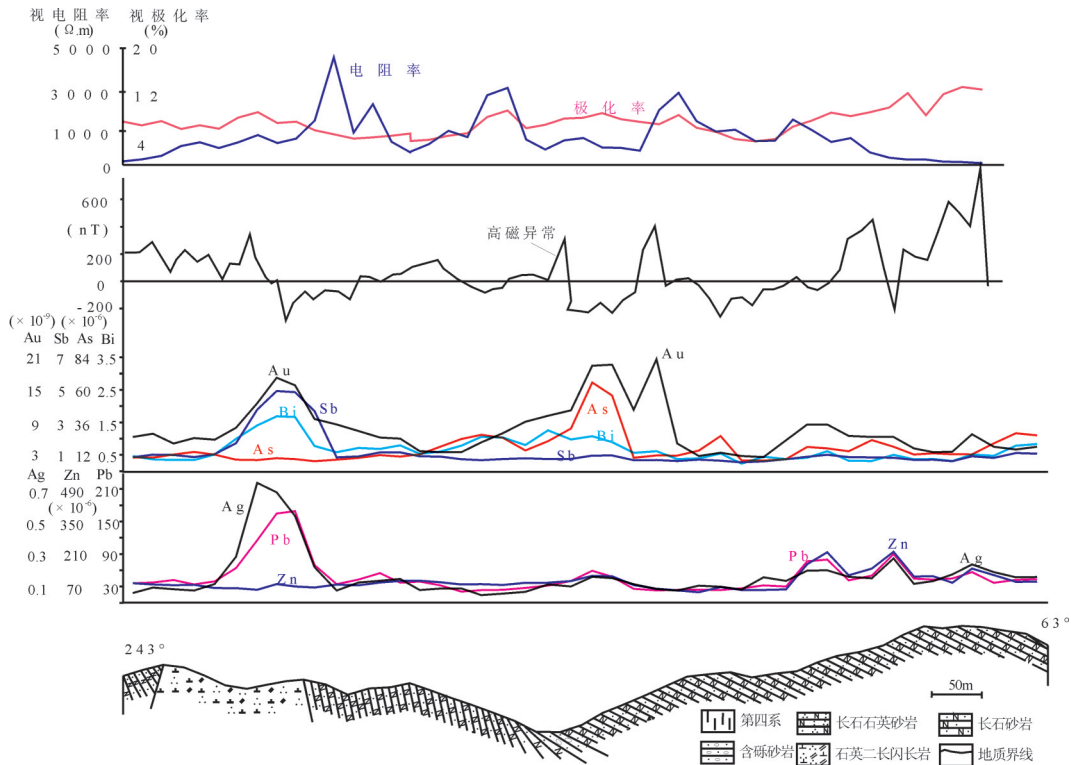


图8 LLW02地质、物化探综合剖面

Fig.8 The Geological, geophysical and geochemical section of LLW02 from Liulaowan reconnaissance area

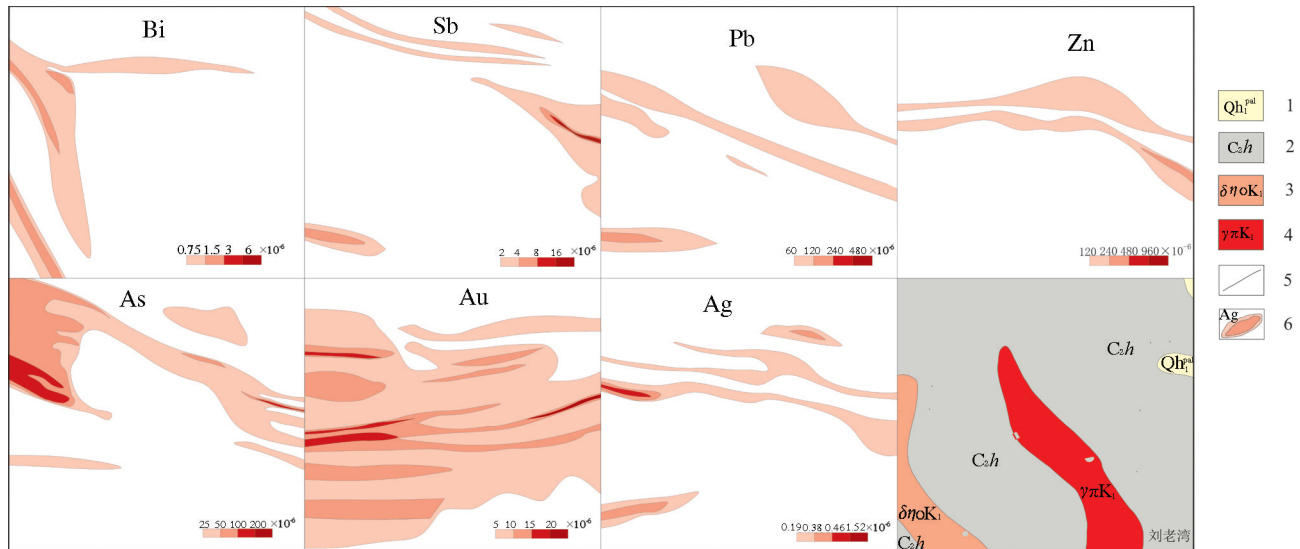


图9 刘老湾地区土壤综合异常剖析图

1—第四纪全新统;2—石炭系上统杨小庄组;3—石英二长闪长岩;4—花岗斑岩;5—地质界线;6—各元素异常等值线

Fig.9 Analysis of soil geochemical integrated anomaly from Liulaowan area

1-Quaternary Holocene; 2-Yangxiaozi Formation of upper Carboniferous 3-Quartz monzodiorite; 4-Granite porphyry; 5-Geological boundary; 6-Anomalous contour lines of various elements

布不均匀,产生的异常范围局限,而炭质地层的分布具有一定区域性。②剖面 Au 高值异常主要出现在岩体与地层接触带附近和隐伏断裂发育处,岩体

与地层接触带处 Au 值较高,其特征是伴生高温元素 Bi 异常,显示与岩体的相关性。远离岩体出现的 Au 高值,特征是伴随低温元素 As 异常,可能由断裂

控制。③剖面 Au 高值异常总伴随正负磁场突变以及高极化、低电阻率异常,异常体最有可能是岩浆热液与地层作用而形成的含 Au 硫化物,表明区内土壤 Au 异常是矿致异常。

结合全区土壤剖面测量成果,圈出了土壤等值线图(图9),显示工作区可能存在多个 Au 富集带,大致呈近东西向展布,或围绕冲口湾岩体外接触带发育。异常以 Au 为主,伴随 As、Ag、Sb 异常,显示较好的找矿前景。

通过野外工作,在土壤 Au 高值异常带中发现两条蚀变带,位于冲口湾花岗岩斑岩与砂岩接触带附近,蚀变带长约 10 m,宽 5 m,蚀变原岩为砂岩,带内见硅化、褐铁矿化,其中硅化呈细脉、网脉状,褐铁矿化呈稀疏浸染状,取连续捡块化学样分析(位置见图2),结果显示 Au 最高  $0.23 \times 10^{-6}$ ,达到矿化品位。

## 8 结 论

(1)刘老湾地区位于大别山北麓,属武当—桐柏—大别钼、金成矿带的中段,区内南部有龟山—梅山区域断裂通过,出露胡油坊组富金地层,并有燕山期中酸性岩浆活动,成矿地质条件有利。

(2)刘老湾地区水系沉积物异常为岩浆活动形成的 Au、Ag、Pb、Zn 矿致异常,异常受岩体和断裂综合控制。区内两个高磁异常为中酸性岩浆岩引起,其深部可能存在较大规模的隐伏岩体,向东与商城岩体连成一片。

(3)大别地区金矿产出主要受构造—岩浆作用控制。在刘老湾地区,中酸性岩体和胡油坊组的接触带、北西西向的断裂构造是找矿的有利部位。在土壤 Au 高值异常带,正负磁场突变,高极化率、低电阻率的地段,找矿前景较好。

**致谢:**匿名审稿专家及编辑老师对论文提出了宝贵的意见,在此致以诚挚的谢意!

## References

Ames L, Tilton G R, Zhou G. 1993. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons: U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites[J]. *Geology*, 21: 339-343.

Chen Liang, Dai Lijun, Wang Tiejun, Luo Ping, Xia Guoti. 2009. Geochemical characteristics and genesis of the Laowan gold deposit in Henan Province[J]. *Geoscience*, 23(2): 277-284 (in Chinese with English abstract).

Dai Shengqian, Deng Jinfu, Wu Zongxu, Zhao Hailin, Chen Jiangfeng, Du Jianguo. 2003. Evidence of magmatic petrology for the Yanshanian orogeny in the Dabie orogen[J]. *Geology in China*, 30(2): 159-165 (in Chinese with English abstract).

Du Jianguo. 2000. On Researching of Mesozoic Magmatism and Geochemistry of Mineralization in Dabie Orogenic Belt[D]. HeFei University of Technology(in Chinese with English abstract).

Du Jianguo, Gu Lianxing, Sun Ruxian, Yue Shucang, Zhou Taofa, Dai Shengqian. 2001. Fluid system and mineralization of the Dabie orogenic belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 75(4): 507-517(in Chinese with English abstract).

Dong Shuwen, Hu Jianming, Li Shanzhong, Shi Wei, Gao Rui, Liu Xiaochun. 2005. The Jurassic deformation in the Dabie mountains and its tectonic significances[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(4): 1189-1194(in Chinese with English abstract).

Faure M, Lin W, Shu L S, Sun Y, Urs Schr er. 1999. Tectonics of the Dabieshan (E. China) and possible exhumation mechanism of ultrahigh-pressure rocks[J]. *Terra Nova*, 11(6): 251-258.

Gao Shan, Zhang Benren, Jin Zhenming, Kern H. 1999. The Qinling mountains Dabie orogenic belt crust delamination[J]. 29(6): 532-541 (in Chinese with English abstract).

Gao Xinyu, Zhao Taiping, Shi Xiaobin, Zhang Zhonghui, Bao Zhiwei. 2013. Geochemistry and petrogenesis of the early Cretaceous Shangcheng and Daquandian granites in the north Dabie mountains[J]. *Geochimica*, 42(4): 307-339 (in Chinese with English abstract).

Guo Baojian. 2006. Study on Mesozoic Metallogenic Association and Regularities of the East Qinling, China[D]. China University of Geoscience(Beijing) (in Chinese with English abstract).

Henan Department of Geology and Mineral Resources Geological Survey Team. 1992. 1:5 Million Shangcheng and Daquandian of the People's Republic of China Regional Geological Survey (in Chinese).

Huang Danfeng. 2010. Late Mesozoic Magmatic Records for Transition of Tectonics Regimes of Dabie Orogenic Belt[D]. China University of Geoscience(Beijing) (in Chinese with English abstract).

Li Chao, Chen Yanjing. 2002. A review on petrologic evidences for Mesozoic lithosphere delamination in east Qinling-Dabie mountains[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 38(3), 431-441 (in Chinese with English abstract).

Li Houmin, Wang Denghong, Zhang Guan, Chun Yuchuan, Wang Yanbing, Zhang Changqing. 2007. SHRIMP U-Pb Age of Zircons from granitic porphyry in the Baishipo silver deposit, Henan and its geological significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(6): 808-813 (in Chinese with English abstract).

Li Houmin, Chen Yuchuan, Ye Huishou, Wang Denghong, Guo Baojian, Li Yongfeng. 2008. Mo, (W), Au, Ag, Pb, Zn minerogenetic series related to Mesozoic magmatic activities in the

- east Qinling–Dabie mountains[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(11): 1468–1477(in Chinese with English abstract).
- Li Mingli. 2009. Characteristics of Intermediate–Acid Small Intrusive Bodies and Metallogenic System of Molybdenum– polymetallic Deposits in Mesozoic in Dabie Mountain, Henan Province.[D]. China University of Geosciences(Beijing) (in Chinese with English abstract).
- Li Shuangying, Li Renwei, Yue Shucang, Wang Daoxuan, Liu Yin. 2003. Gravel features and tectonic implication in the carboniferous Huyoufang formation on the northern margin of Dabie orogenic belt[J]. *Journal of Stratigraphy*, 27(02): 116–121(in Chinese with English abstract).
- Liu Hong, Lü Xinbiao, Shang Shichao, Wang Yuqi, Li Chuncheng, Liu Ge, Yang Yongsheng, Hu Erhong, Huang Jihan. 2013. Discussion on material sources of Jincheng gold deposit, Luoshan county, Henan Province[J]. *Geoscience*, 27(4): 869–878(in Chinese with English abstract).
- Liu Wencan, Du Jianguo, Zhang Da. 2003. The relationship between structures and mineralization of lao wan gold mining area in northern huai yang tectonic belt[J]. *Geoscience*, 17(1): 8–13(in Chinese with English abstract).
- Lu Xinxiang. 1985. Basic characteristics of Yanshanian minor intermediate–acid rock masses and their enesis in the Qingling–Dabie mountains region, Henan Province[J]. *Regional Geology of China*, 115–123(in Chinese with English abstract).
- Luo Mingjiu. 1992. Introduction to Henan Gold Mine[M]. Beijing: Seismological Press, 5–43, 303–333(in Chinese with English abstract).
- Luo Zhengzhan. 2010. Metallogenic regularity and prospecting direction of Mo–Au–Ag polymetallic deposit of north piedmont of Dabieshan[J]. *Mineral Resources & Geology*, 24(2):125–131 (in Chinese with English abstract).
- Ma Changqian, Yang Kunguang, Ming Houli, Lin Guangchun. 2004. The timing of tectonic transition from compression to extension in Dabieshan: evidence from Mesozoic granites[J]. *Science in China (Series D)*, 47(5): 453–462(in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Wang Y T, Zhang Z H, Yu J J and Niu B G. 2003. Geodynamic settings of Mesozoic large–scale mineralization in North China and adjacent areas– implication from the highly precise and accurate ages of metal deposits[J]. *Science in China (Series D)*, (8): 838–851.
- Mao Jingwen,, Ye Huishou, Wang R T, Dai J Z, Jian W. 2009. Mineral deposit model of Mesozoic porphyry Mo and vein–type Pb–Zn–Ag ore deposits in the eastern Qinling, Central China and its implication for prospecting[J]. *Geological Bulletin of China*, 28(1): 72–79.
- Peng Sanguo, Lin Zhiyong, Hu Junliang, Liu Jinsong. 2012. Regional metallogenic characteristics and ore prospecting outlook of Wudang– Tongbai– Dabie metallogenic belt[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 28(3): 237–242(in Chinese with English abstract).
- Qing Cunchao, Lu Yulin, Liu Lili. 2004. Geochemical characteristics and genesis of Yanshanian granite in the Dabie ultrahigh–pressure (UHP) metamorphic belt[J]. *Geology in China*, 31(2): 147–154(in Chinese with English abstract).
- Wang Lianqing, Xu Gang, Zheng Daxing. 2002. Study on ore–forming conditions for gold deposits in Tongbai– Dabieshan Region[J]. *Mineral Deposits*, 21(S1): 682–684(in Chinese with English abstract).
- Wang Qingchen, Cong Bolin. 1998. Tectonic framework of the ultrahigh– pressure metamorphic zone from the Dabie mountains [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 4: 481–492(in Chinese with English abstract).
- Wang Yongsheng, Zhu Guang, Wang Daoxuan, Wang Daoxuan, Liu Guosheng, Song Chuanzhong. 2005. Relationship between  $P$ – $T$  conditions of two phases of Tan–Lu strike–slip shear zones and delamination of orogenic belts on the eastern margin of the dabie mountains[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(2): 139–151(in Chinese with English abstract).
- Yang Jinsui, Xu Zhiqin, Ma Changqian, Wu Cailai, Zhang Jianxin, Wang Zongqi. 2010. Compound orogeny and scientific problems concerning the central orogenic belt of China[J]. *Geology in China*, 37(1): 1–11(in Chinese with English abstract).
- Yang Meizhen, Fu Jingjing, Wang Shifeng, Lu Jianpei. 2014. Establishment and significance of Dextral strike–slip fault ore–controlling system of the Laowan gold belt, Tongbai mountains[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 38(1): 94–102(in Chinese with English abstract).
- Yang Meizhen, Lu Jianpei, Fu Jingjing, Ren Aiqin, Fu Jingjing. 2014. Magmatic hydrothermal gold and polymetallic metallogenesis related to Yanshanian magmatism of Laowan gold belt, Tongbai mountain: Evidence from geochemistry, geochronology and ore–controlling structural geological constraints[J]. *Mineral Deposits*, 33(3): 651–666(in Chinese with English abstract).
- Xu B, Grove M W C, Zhang L F and L S W. 2000.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  thermochronology from the northwestern Dabie Shan: Constraints on the evolution of Qinling–Dabie orogenic belt, east–central China[J]. *Tectonophysics*, 322: 279–301
- Zhang Guan, Li Houming, Wang Chenhui, Li Lixin, Zhang Jian. 2008.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Age of muscovite from the Laowan gold deposit in Henan and its significance[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 29(1): 45–50(in Chinese with English abstract).
- Zhang Jing, Chen YanJing, Chen Huayong, Wan Souquan, Zhang Guan, Wang Jianming. 2006. Isotope geochemistry of the Yindongpo gold deposit, Tongbai county, Henan province, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(10): 2551–2560(in Chinese with English abstract).
- Zhang Xuezhong. 2007. Preliminary study on gold deposits in the area

- along Mafan, Guangshan county[J], Express Information of Mining Industry, 26(2): 66-68(in Chinese with English abstract).
- Zhao Zongpu. 1995. An Intracontinental-Type orogeny evidence from Qinling-Dabie orogenic belt, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 01: 19-28 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Hongsheng, Su Hua, Ma Changqian. 2009. Formation-age, tectonic setting and ascertainment of A-type granite on the Lingshan pluton in Dabie orogenic belt[J]. Journal of Xinyang Normal University, 22(2): 222-226(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 陈良, 戴立军, 王铁军, 罗萍, 夏国体. 2009. 河南省老湾金矿床地球化学特征及矿床成因[J]. 现代地质, 23(2): 277-284.
- 戴圣潜, 邓晋福, 吴宗黎, 赵海岭, 陈江峰, 杜建国. 2003. 大别造山带燕山期造山作用的岩浆岩石学证据[J]. 中国地质, 30(2): 159-165.
- 杜建国. 2000. 大别造山带中生代岩浆作用与成矿地球化学研究[D]. 合肥工业大学.
- 杜建国, 顾连兴, 孙先如, 岳书仓, 周涛发, 戴圣潜. 2001. 大别造山带的流体系统与成矿作用[J]. 地质学报, 75(4): 507-517.
- 董树文, 胡健民, 李三忠, 施炜, 高锐, 刘晓春. 2005. 大别山侏罗纪变形及其构造意义[J]. 岩石学报, 21(4): 1189-1194.
- 傅昭仁. 1999. 变质岩区构造[M]. 北京: 地质出版社.
- 高山, 张本仁, 金振民, H.Kern. 1999. 秦岭—大别造山带下地壳拆沉作用[J]. 中国科学, 29(6): 532-541.
- 高昕宇, 赵太平, 施小斌, 张忠慧, 包志伟. 2013. 大别山北麓早白垩世商城和达权店岩体的地球化学特征与成因[J]. 地球化学, 42(4): 307-339.
- 郭保健. 2006. 东秦岭中生代金属矿床组合与成矿规律研究[D]. 中国地质大学(北京).
- 河南地矿厅区域地质调查队. 1992. 1:5万商城县幅、达权店幅中华人民共和国区域地质调查报告.
- 姜克全, 柳玉虎. 2012. 河南桐柏歌马岭金矿床地质特征及找矿标志[J]. 矿产与地质, 26(3): 194-197.
- 卢欣祥. 1985. 河南省秦岭—大别山地区燕山期中酸性小岩体的基本特征及成矿作用[J]. 地质通报, 3: 121-129.
- 罗铭玖. 1992. 河南金矿概论[M]. 北京: 地震出版社. 5-43, 303-333.
- 罗正传. 2010. 大别山北麓钼金银多金属成矿规律及找矿方向[J]. 矿产与地质, 24(2): 125-131.
- 黄丹峰. 2010. 大别造山带晚中生代构造体制转换的火成岩记录[D]. 中国地质大学(北京).
- 李超, 陈衍景. 2002. 东秦岭—大别山地区中生代岩石圈拆沉的岩石学证据评述[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 38(3): 431-441.
- 李厚民, 王登红, 张冠, 陈毓川, 王彦斌, 张长青. 2007. 河南白石坡银矿区花岗斑岩中锆石的SHRIMP U-Pb年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 81(6): 808-813.
- 李厚民, 陈毓川, 叶会寿, 王登红, 郭保健, 李永峰. 2008. 东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列[J]. 地质学报, 82(11): 1468-1477.
- 李明立. 2009. 河南省大别山地区中生代中酸性小岩体特征及钼多金属成矿系统[D]. 中国地质大学(北京).
- 李双应, 李任伟, 岳书仓, 王道轩, 刘因, 孟庆任. 2003. 大别造山带北缘石炭系胡油坊组砾石特征及其构造意义[J]. 地层学杂志, 27(02): 116-121.
- 刘洪, 吕新彪, 尚世超, 王玉奇, 李春诚, 刘阁, 杨永胜, 胡二红, 黄基汉. 2013. 河南罗山金城金矿床成矿物质来源探讨[J]. 现代地质, 4: 869-878.
- 刘文灿, 杜建国. 2003. 北淮阳构造带老湾金矿区构造与成矿作用的关系[J]. 现代地质, 17(1): 8-19.
- 马昌前, 杨坤光, 明厚利, 林广春. 2003. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间: 花岗岩的证据[J]. 中国科学(D辑), 33(9): 817-827.
- 彭三国, 蔺志永, 胡俊良, 刘劲松. 2012. 武当—桐柏—大别成矿带区域成矿特征与找矿前景展望[J]. 华南地质与矿产, 28(3): 237-242.
- 钱存超, 路玉林, 刘丽利. 2004. 大别山超高压变质带燕山期花岗岩地球化学特征及成因探讨[J]. 中国地质, 31(2): 147-154.
- 王连庆, 徐刚, 郑达兴. 2002. 桐柏大别山地区金矿成矿条件分析[J]. 矿床地质, 2002, 21(S1): 682-684.
- 王清晨, 从柏林. 1998. 大别山超高压变质带的大地构造框架[J]. 岩石学报, 14(4): 481-492.
- 王勇生, 朱光, 王道轩, 刘国生, 宋传中. 2004. 大别山东缘郟庐两期走滑剪切带形成的温压条件与造山带折返的关系[J]. 大地构造与成矿学, 28(3): 228-238.
- 杨经绥, 许志琴, 马昌前, 吴才来, 张建新, 王宗起. 2010. 复合造山作用和中国中央造山带的科学问题[J]. 中国地质, 37(1): 1-11.
- 杨梅珍, 付晶晶, 王世峰, 陆建培. 2014. 桐柏山老湾金矿带右行走滑断裂控矿体系的构建及其意义[J]. 大地构造与成矿学, 1: 94-107.
- 杨梅珍, 陆建培, 付静静, 任爱琴, 王世峰. 2014. 桐柏山老湾金矿带与燕山期岩浆作用有关的岩浆热液金多金属矿床成矿作用——来自地球化学、年代学证据及控矿构造地质约束[J]. 矿床地质, 33(3): 651-666.
- 赵宗溥. 1995. 试论陆内型造山作用——以秦岭—大别山造山带为例[J]. 地质科学, 1: 19-28.
- 张冠, 李厚民, 王成辉, 王登红, 李立新, 张建. 2008. 河南桐柏老湾金矿白云母<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar年龄及其地质意义[J]. 地球学报, 29(1): 45-50.
- 张静, 陈衍景, 陈华勇, 万守全, 张冠, 王建明. 2006. 河南省桐柏县银洞坡金矿床同位素地球化学[J]. 岩石学报, 22(10): 2551-2560.
- 张学忠. 2007. 光山县马畈一带金矿成因初探[J]. 现代矿业, 26(2): 66-68.
- 周红升, 苏华, 马昌前. 2009. 灵山岩体的形成时代、构造背景及其A型花岗岩的厘定[J]. 信阳师范学院学报自然科学版, 22(2): 222-226.