

# 东秦岭汝阳南部钼铅锌矿集区综合找矿信息及成矿模式研究

王令全,李文智,权知心,付恒一,蒋永芳,张鹏,付治国

(河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院,河南 许昌,461000)

**摘要:** 东秦岭汝阳南部钼铅锌矿集区包括4个大中型矿床和45个小型矿床(点),已知矿床(点)大都产于中元古界长城系熊耳群鸡蛋坪组火山岩中,近EW向断裂构造是区内的控岩、控矿断裂,燕山晚期的复式花岗岩控制了矿集区的产出,而第3阶段侵入的钾长花岗斑岩与钼铅锌矿的成矿具有密切的成因联系;区内矿床大部分处于熊耳群火山岩分布的杂乱磁场区,重要的铅锌矿床均产于太山庙花岗岩造成的重力负值异常区的外围;水系沉积物的Mo-Pb-Zn-Ag-Au-As综合异常几乎囊括了杨坪—王坪所有的钼铅锌矿床;自然重砂异常以高温矿物组合异常为中心,中温铅族异常环绕,向外重晶石、毒砂等低温矿物异常依次分布,显示出清晰的矿物温度分带特点;基于矿集区的综合找矿信息建立了钼铅锌矿的成矿模式,为进一步的找矿勘查提供依据。

**关键词:** 汝阳南部钼铅锌矿集区;综合找矿信息;成矿模式;东秦岭

**中图分类号:** P613;P618.4 **文献标识码:** A

## 0 引言

河南省汝阳南部钼铅锌矿集区是东秦岭钼铅锌银金巨型成矿带的一部分,矿集区范围西起靳村,东达洞沟村;北自油路沟,南至大摄坪;面积约440 km<sup>2</sup>。区内已探明的矿床有汝阳东沟超大型钼矿床,竹园沟中型(近大型)钼矿床<sup>[1]</sup>,西灶沟、老代仗沟中型铅锌矿床,王坪西沟大型铅锌矿床;尚有数十个小型铅锌矿床及矿点。为查清汝阳南部钼铅锌矿集区的成矿规律,2012年河南省国土资源厅立项(项目编号:2011-622-27),对矿集区钼铅锌矿床成矿规律、控矿地质条件及找矿方向进行综合研究,本文对汝阳南部的地质、地球物理、地球化学、重砂测量资料进行综合研究,在此基础上建立该区的成矿模式。

## 1 成矿地质特征

汝阳南部所在区域属于华北克拉通与秦岭褶皱系衔接的东秦岭地区<sup>[2]</sup>,位于华北板块古生代向南仰冲的碰撞拼接带中<sup>[3]</sup>,处于鲁山—淮南断裂和栾川—明港深大断裂夹持的NWW向带状地块的北侧(图1)。

### 1.1 地层

区域基底为新太古代太华岩群,西起小秦岭,沿崤山、熊耳山,伏牛山支脉的外方山一带断续出露;汝阳南部未见太华岩群的出露。太华岩群为中深变质岩系,变质程度达角闪岩相—麻粒岩相;太华群变质岩的单颗粒锆石Pb-Pb年龄2 825 ~ 2 914 Ma,故认为其主体形成于新太古代。

区域盖层为中元古界长城系熊耳群,这是一套

收稿日期: 2013-05-30 责任编辑: 余和勇

基金项目: 河南省国土资源厅两权价款科研基金项目(编号:2011-622-27)资助。

作者简介: 王令全(1963-),男,高级工程师,长期从事地质矿产勘查与管理工作。通信地址:河南许昌许继大道12号地勘二院;邮政编码:461000。

通信作者: 付治国(1956-),男,教授级高级工程师,从事地质勘查与评价工作。通信地址:河南许昌许继大道12号地勘二院;邮政编码:461000;E-mail:504687746@qq.com

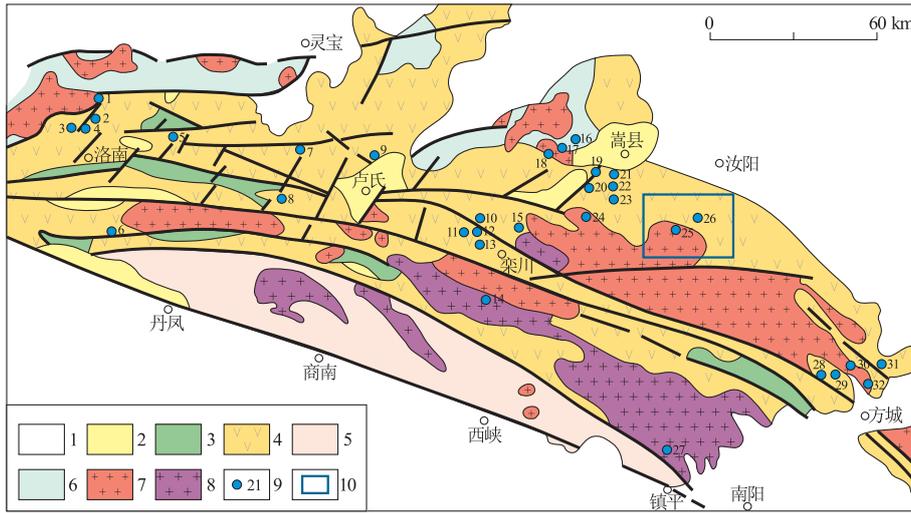


图1 东秦岭地区地质及钼矿床分布略图

(据罗铭玖等,1991;修改)

Fig.1 Sketch showing distribution of Mo-Pb-Zn ore deposits in East Qinling

1. 第四系;2. 新近系-古近系;3. 古生界(寒武系);4. 中元古界;5. 古元古界;6. 太古界;7. 燕山期花岗岩;8. 加里东期花岗岩;9. 钼矿床点及编号;10. 研究区范围

钼矿床及编号:1. 大石沟;2. 石家湾;3. 金堆城;4. 桃园;5. 木龙沟;6. 南台;7. 银家沟;8. 夜长坪;9. 后瑶峪;10. 马圈;11. 上房;12. 南泥湖;13. 三道庄;14. 石门沟;15. 大清沟;16. 黄水庵;17. 雷门沟;18. 大西沟;19. 凡台沟;20. 纸房;21. 香椿沟;22. 土地岭;23. 大西沟;24. 鱼池岭;25. 竹园沟;26. 东沟;27. 秋树湾;28. 土门;29. 白湾;30. 姚店;31. 杓留;32. 尚古寺

由中基性-中酸性火山熔岩为主体的双峰式火山岩<sup>[4]</sup>,夹薄层火山碎屑岩。熊耳群以高钾富铁为重要特征,为大陆裂谷拉张环境的产物<sup>[5]</sup>。熊耳群的分布自陕西东部,经东秦岭到大别山东段,共延展800 km,南部边界以马超营深大断裂为限。熊耳群厚度7 000~8 000 m,与下伏太华群为角度不整合。熊耳群自下而上分为大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组。

汝阳南部地区的熊耳群出露厚度约为6 000 m,根据喷发旋迴,自下而上划分为鸡蛋坪组的一段、二段和马家河组(表1),其分布受区域EW向构

造、太山庙破火山口和矿田构造的控制<sup>[6]</sup>,研究区内的钼、铅锌矿的直接围岩主要为熊耳群鸡蛋坪组二段的火山岩。

据岩石化学分析结果,熊耳群由酸性-中基性火山岩组成,以中-中酸性为主。岩石化学成分表现为富铁、高钾、低钙、 $K_2O > Na_2O$ 的特点,里特曼指数为2.85,属钙碱性系列火山岩,具有岛弧型火山岩的特征。微量元素Pb,Zn,Ba,V,Zr,Cu,Mo质量分数较高,而Cr,Ni,Co的质量分数相对较低,这一特点被认为是后期热液矿化作用叠加的反映<sup>[7]</sup>。

表1 汝阳南部地层一览表

Table 1 Schedule of stratigraphic column in Southern Ruyang area

地层单位				地层代号	岩性特征	厚度/m	
界	系	群	组				
新生界	第四系			Q <sub>4</sub>	河床冲积亚砂土、砂砾,亚黏土、亚砂土、砾石、冲积物		
			马家河组	Chm	安山岩、杏仁状玄武安山岩夹凝灰岩、玄武粗安岩、粗安岩、硅质灰岩,底部为石英粗安岩	>1168	
中元古界	长城系	熊耳群	二段	Chj <sup>2</sup>	玄武安山岩、杏仁状安山岩夹英安岩、石泡英安岩、凝灰质粉砂岩,局部火山角砾岩、集块岩	975	
			鸡蛋坪组	一段	Chj <sup>1</sup>	紫红色英安岩夹斑状杏仁状安山岩、凝灰岩、凝灰质砂砾岩	1919

熊耳群中基性火山岩的 Sm-Nd 模式年龄为 2 800 Ma,中酸性火山岩的 Sm-Nd 模式年龄为 2 700 Ma,与基底太华群的年龄较为接近,且火山岩中 Nd 元素与地幔 Nd 相比,只占大约 30%~40%,表明熊耳群的物质主要来自基底岩系的部分熔融,而非大洋地幔拉斑玄武岩浆。

熊耳群的同位素等时线年龄数据表明,该群形成于 1 600~1 800 Ma,相当于中元古代长城纪。中元古代是华北克拉通地壳演化的重要时期,这一时期的岩浆活动除了产于地壳拉伸减薄背景下的火山岩系,还出现大量基性岩墙群、A-型花岗岩、碱性花岗岩和奥长环斑花岗岩等。所以熊耳群火山岩系是华北克拉通地壳整体演化背景下的产物。

1.2 构造

1.2.1 大地构造演化概述

华北克拉通与秦岭褶皱系之间以黑沟—栾川—维摩寺—羊册深大断裂为界,汝阳南部所在区域在前中生代为活动大陆边缘<sup>[8-10]</sup>,侏罗—白垩纪华北和扬子两大板块重新活动,形成了东秦岭大规模的拉张型构造-岩浆岩带;由于花岗岩浆的强烈活动,大量的岩浆期后热液在特定的活动区域形成了大面积

多金属矿产的矿化集中区,汝阳南部由于燕山期太山庙花岗岩的控制,构成了钼、铅锌矿的成矿区域定位<sup>[11]</sup>。

熊耳群火山岩记录了中元古代华北克拉通南缘陆壳伸展和裂解的运动过程<sup>[12]</sup>。地壳表层发生的各种地质构造变动,都是与地球深部的活动紧密相关。地幔柱理论认为,地表裂谷系和拉分盆地的出现实质上是地幔柱活动的反映<sup>[13]</sup>;华北克拉通南缘出现的裂陷槽<sup>[14]</sup>与地幔柱上涌或陆壳下部强烈的热源活动有密切联系。自新元古代晚期到早古生代,华北板块和华南板块相向运动,迫使二者之间的古秦岭洋逐步缩小;晚古生代—三叠纪,古秦岭洋洋壳向陆壳之下不断消减、狭缩,并于三叠纪时洋盆彻底闭合,形成华北、华南两大板块的陆陆碰撞,秦岭造山带在强烈的挤压隆升过程中最终形成<sup>[15]</sup>。

在燕山期构造活动中,东秦岭地区转入板内造山期。侏罗—白垩纪,区域构造由持续的挤压隆升作用转为岩石圈的逐渐减薄;同时,这一时期也是东秦岭地区成矿作用最强、规模最为宏大的阶段。

据毛景文的研究<sup>[16]</sup>,我国北方三大地球动力学事件与成矿作用关系极为密切(图 2)。

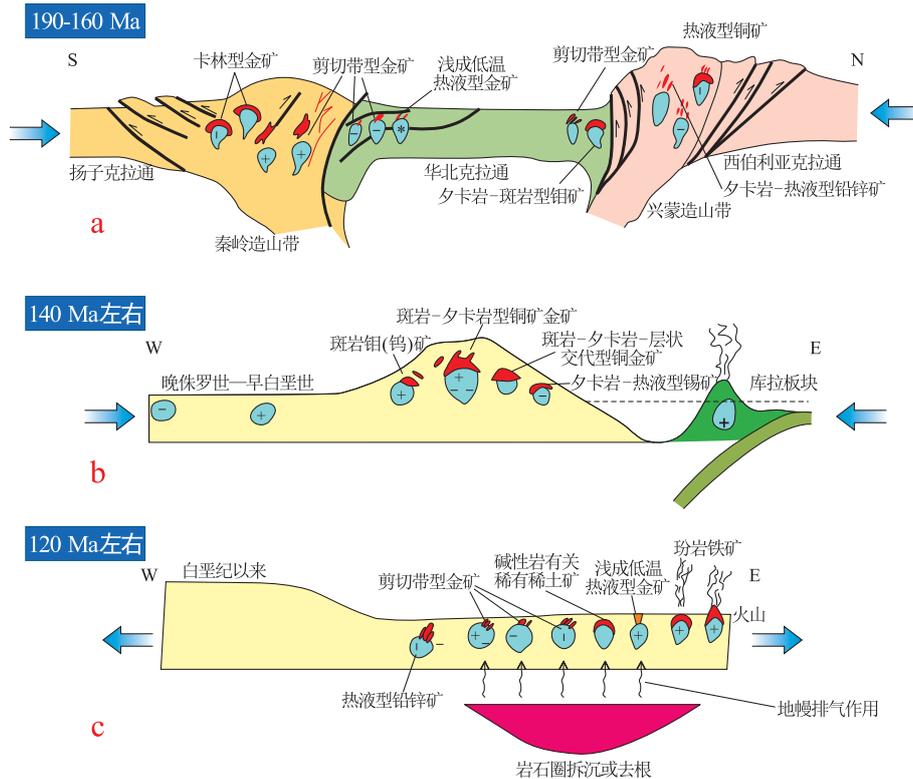


图 2 中国北方中生代地球动力学演化成矿模式图

(据文献[16];略有修改)

The earth dynamic evolutionary metallogenetic model during Mesozoic Ear in the north China

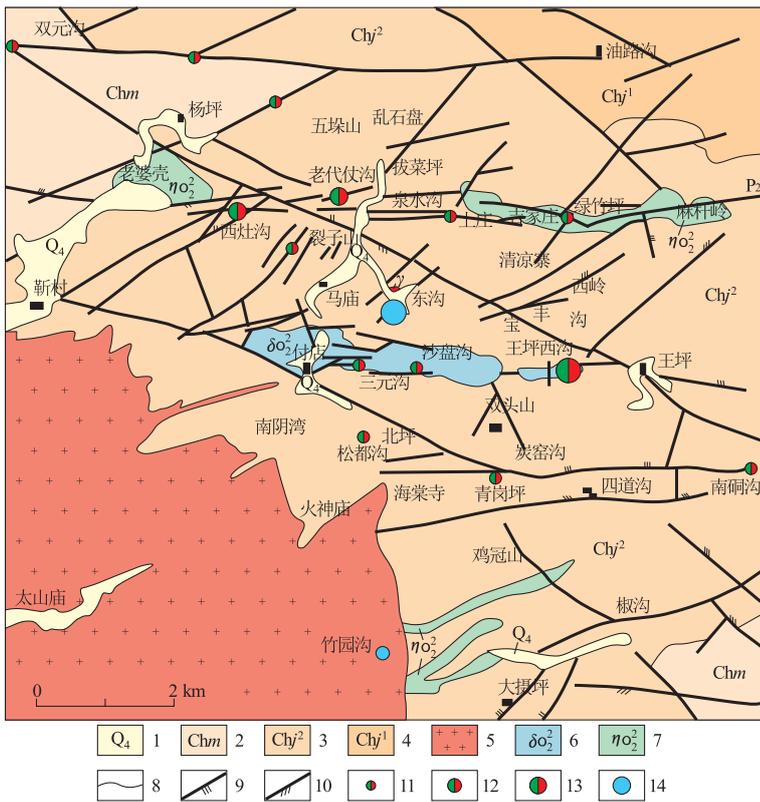


图3 汝阳南部地质矿产略图

Fig. 3 Sketch showing geology and distribution of mineral resources in Southern Ruyang area

1. 第四系全新统; 2. 熊耳群马家河组; 3. 熊耳群鸡蛋坪组二段; 4. 熊耳群鸡蛋坪组一段; 5. 燕山晚期花岗岩; 6. 石英闪长岩; 7. 石英二长岩; 8. 地层岩体界线; 9. 压性断裂; 10. 压扭性断裂; 11. 铅锌矿化点; 12. 中型铅锌矿床; 13. 大型铅锌矿床; 14. 大型钼矿床

①190~160 Ma 成矿事件与后碰撞造山过程(图 2a):这一时期的造山运动形成了秦岭山脉,强烈密集的逆冲作用,形成了一系列逆冲断裂、飞来峰和叠瓦状构造,标志着华北与扬子板块的大陆地壳进一步缩短;②140 Ma 左右成矿事件与构造体制转换作用(图 2b):自印支期始,中国东部在持续遭受 SN 向挤压的同时,又出现特提斯-古太平洋板块向大陆板块的俯冲消减,燕山早期中国东部环太平洋构造域的构造活动更加强烈,该期形成与壳幔型 I 型花岗岩有关的斑岩钼矿;③120 Ma 左右成矿事件与岩石圈减薄过程(图 2c):古生代华北板块的岩石圈厚度达 200 km,东部为高原,至中生代快速减薄到 <80 km;地幔柱活动引起的岩石圈拆沉或岩石圈去根作用可能是减薄的主要原因。这种大幅度的减薄作用一直持续到新生代,但成矿作用却已在白垩纪晚期戛然而止。

根据叶会寿等<sup>[17]</sup>的研究,汝阳南部斑岩型钼矿

床形成于 115 Ma 左右,而热液型铅锌矿则比钼矿成矿稍晚。很显然,图 2b 中标示的“140 Ma 左右斑岩钼矿成矿”的总结难以囊括汝阳南部地区的情况,本区斑岩钼矿成矿时代应当标在图 2c 中(120 Ma 左右)更为合适,因为汝阳南部花岗岩、花岗斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年均为 115 Ma 左右,相当于早白垩世的晚期<sup>[18-20]</sup>。

### 1.2.2 汝阳南部构造特征

汝阳南部位于华北克拉通南缘隆起区与拗陷区的过渡地带<sup>[21]</sup>,鲁山—淮南深大断裂以北。区内褶皱平缓,断裂构造发育,近 EW 向、NW 向和 NE 向 3 组断裂十分发育,加之太山庙环形构造的存在,构成了研究区复杂的构造格局(图 3)。

(1)褶皱。主要为拔菜坪宽缓背斜。发育在靳村廖庄—付店拔菜坪一带,轴向近 EW,向东轴向转弯呈 NE 向,向西被掘头村—王坪 NW 向断裂右行切错约 700 m,西端倾伏,东端扬起。背斜核部出露熊耳群鸡蛋坪组一段杏仁状玄武安山岩、英安流纹岩、凝灰岩等,两翼及西端出露熊耳群鸡蛋坪组二段安山岩、英安岩、英安流纹岩等。北翼倾向 320°~340°,倾角 20°~30°;南翼倾向 170°~200°,倾角 15°~25°;倾伏端向 W 倾,倾角 20°左右。背斜呈宽缓的对称形态。东沟钼矿床即位于该背斜东端扬起部位的南翼近轴部位,地层中的层间滑动、裂隙和破碎为成矿热液的充填提供了有利的空间。

(2)断裂。以近 EW 向、NE 向和 NW 向 3 组为主,近 SN 向、NNE 向和 NNW 向断裂规模小,不同方向的断裂互相交汇或穿切;近 EW 向断裂为区内铅锌矿床的控矿断裂,具有彼此平行、密集成束、横贯全区的特点,自北而南依次有老代仗沟—黄沙岭、付店—王坪西沟和松都沟—青岗坪—南涧沟 3 条断裂带。其特征是:①每条断裂带中有平行展布的 3~8 条断裂,断裂间距 30~350 m 不等;②规模大、切割深,断裂在走向上断续相连,延伸长 7~8 km;③控岩、控矿特征明显,与王屋山晚期石英二(闪)长岩的分布和已知铅锌矿带的分布范围相吻合;④断裂多期活动,结构复杂,性质多为压-张-压扭性,早期断裂被王屋山晚期石英二(闪)长岩体(脉)充填,

燕山期断裂重新活动,成矿热液大规模活动并形成铅锌矿体<sup>[18]</sup>。

### 1.2.3 岩浆岩

区内岩浆活动频繁,岩浆岩分布广泛,以中元古代王屋山期、中生代燕山期岩浆活动较为强烈。

(1)中元古代王屋山期岩浆活动。早期强烈的火山活动,喷溢了巨厚的熊耳群火山岩建造<sup>[19]</sup>;晚期侵入了石英二(闪)长岩。侵入体多为长条带状,沿近 EW 向断裂构造充填,自北向南可分为 3 个构造岩浆岩带:①老婆壳—麻杆岭岩带,岩带长 18 km,地表宽 500~1 500 m,近一半地段呈隐伏状,地表未见出露;②付店—王坪岩带,岩带长 16 km,地表宽 500~1 500 m,东部的王坪村一带隐伏于熊耳群之下;③竹园沟—合村岩带,岩带长 11 km,出露宽 200~700 m,竹园沟以东分为 4 个岩墙群,西延部分被太山庙花岗岩侵入所破坏<sup>[20]</sup>。此外,东沟钼矿区 NNW 向的闪长细晶岩脉和付店带状石英闪长岩均为王屋山晚期的产物。王屋山期岩体以石英二长岩为主,次为石英二长闪长岩,亦见少量花岗闪长岩或石英闪长岩。在一些铅锌矿区,该期侵入岩体(脉)常为矿体的直接或间接围岩。三元沟矿区的该期岩体 U-Pb 法同位素年龄为 1 440 Ma,侵入时代为中元古代,晚于熊耳群火山岩。

(2)燕山晚期岩浆活动。主要为太山庙复式花岗岩,产状为岩基<sup>[21-25]</sup>,出露于研究区的西南部,与熊耳群火山岩呈外倾侵入接触,倾角 20°~45°。岩体可分为 3 个侵入阶段:①中粗粒碱长花岗岩;②中细粒碱长花岗岩;③钾长花岗斑岩。3 种花岗岩的矿物组成基本相似,但结构具有显著的差别,由中粗粒结构→中细粒结构→斑状结构,显示出岩体侵位逐渐变浅的趋势。复式花岗岩以富硅、高钾和蚀变较强为特点,同属 SiO<sub>2</sub> 过饱和的高碱<sup>[26]</sup>、高钾岩石;含 Pb, Mo, Ba, Ni, Be, Ti 较高,副矿物为锆石、磷灰石、钛铁矿、榍石及独居石。在以往的研究中,对太山庙花岗岩进行过 K-Ar 法、锆石 U-Pb 法和 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 法的同位素年龄测试,年龄区间为 76~138 Ma<sup>[31]</sup>,时代跨度比较大;近年用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法进行的测试,获得了 115±2 Ma 的年龄数据<sup>[32]</sup>,相当于早白垩世晚期。杨

坪—王坪一带钼铅锌矿的成矿与该期第 3 阶段侵入的钾长花岗斑岩关系密切。

## 2 地球物理特征

### 2.1 区域磁场分区及航磁异常

根据 1 : 50000 航磁数据计算的汝阳南部磁场强度平均值( $\Delta T_s$ CP),结合地质资料,将研究区划分为 4 个磁场区:太山庙平静负磁场区(I)、付店环形磁场区(II)、杨坪—王坪杂乱磁场区(III)和椒沟升高正磁场区(IV)(图 4)。其中,杨坪—王坪杂乱磁场区与钼铅锌矿的关系密切。

杨坪—王坪杂乱磁场区呈 330°方向展布,包括研究区北部的杨坪—王坪一带,向南东方向可延至鲁山土门一带,长约 35 km、宽约 8 km,面积约 280 km<sup>2</sup>。区内分布有豫 C-66-78, 66-77-1, 66-96, 66-97, 66-218-1, 66-218-2, 66-409, 66-410, 66-411, 66-412, 66-413, 66-414, 66-414-1, 66-422, 66-423, 66-428, 66-429 等 17 个局部异常。异常叠加在负磁场

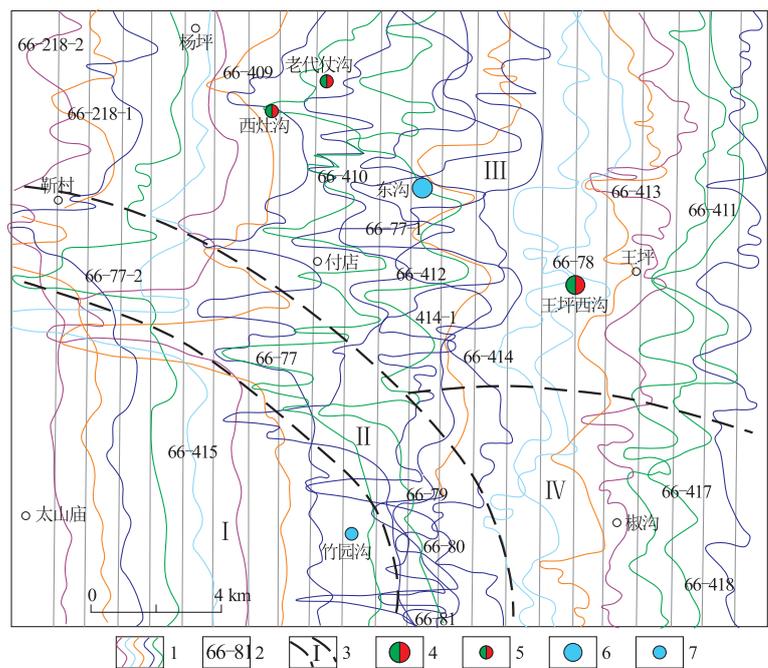


图 4 汝阳南部磁场分区图

Fig. 4 Map showing magnetic field division in Southern Ruyang area

1. 航磁  $\Delta T$  曲线; 2. 航磁异常编号; 3. 航磁分区及编号; I. 太山庙平静负磁场区; II. 付店环形磁场区; III. 杨坪—王坪杂乱磁场区; IV. 椒沟升高正磁场区; 4. 大型钼铅锌矿床; 5. 中型钼铅锌矿床; 6. 大型铜矿床; 7. 中型铜矿床

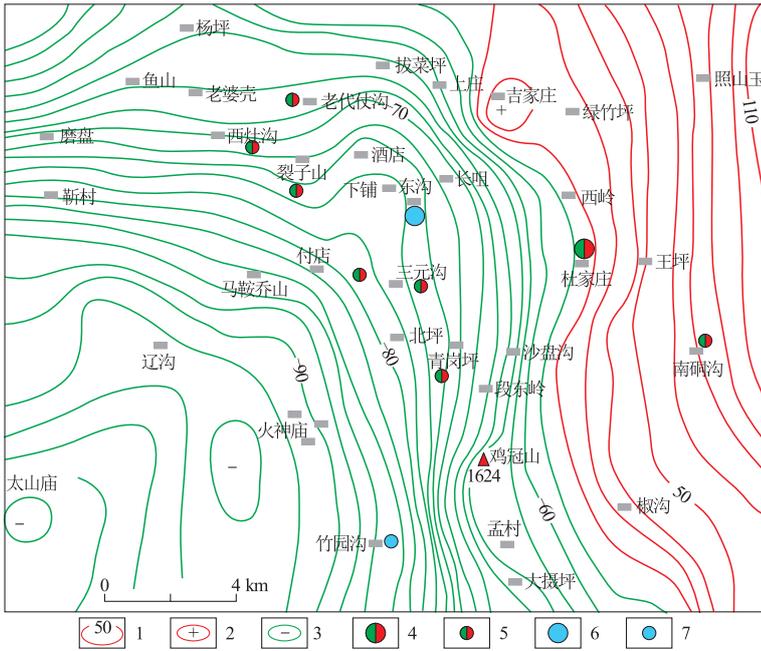


图5 汝阳南部布格重力异常等值线图

Fig. 5 Contour of Bouguer gravity anomaly in Southern Ruyang area

- 1. 重力等值线; 2. 重力高; 3. 重力低; 4. 大型铅锌矿床; 5. 中型铅锌矿床;
- 6. 特大型铜矿床; 7. 中型铜矿床

背景上, 这些局部异常一般强度较低, 多为 400 nT 左右, 范围较小, 曲线较圆滑, 一般连续出现在数条测线上, 具有明显的方向性。研究区内有 5 处已知铜、铅锌矿床散布于杂乱航磁异常带中。在岩浆期后热液活动中, 会产生金属矿物的聚集, 其中部分矿物具有磁性(如磁铁矿、磁黄铁矿等), 这是引起磁场异常的主要原因。东沟铜矿床虽然是因花岗斑岩入侵而成矿, 但因矿石矿物中含有部分磁铁矿, 同时因赋矿岩石为熊耳群火山岩, 具有一定磁性, 因此会引起一些磁力高现象。

2.2 区域重力场特征

据 1 : 50 000 布格重力异常资料, 研究区中部—南西部的地表(太山庙一带)及地下(付店一带)均为出露或隐伏的燕山晚期花岗岩, 已知的铅锌矿床均匀地分布在隐伏花岗岩的分布区或花岗岩向熊耳群外倾的接触带附近; 同时, 铅锌矿床产于隐伏花岗岩顶面形态变化较大的部位。铜矿则缺乏显著的分布规律, 东沟铜矿区深部隐伏的花岗岩顶面较为平

缓, 竹园沟铜矿床则产于花岗岩基外倾由缓变陡的接触带内侧<sup>[33]</sup>(图 5)。

从河南省 1 : 50 万布格重力异常图(图 6)可以看出, 西灶沟、老代仗沟和王坪西沟等铅锌矿床均位于太山庙花岗岩向 NE 倾伏延伸部分陡倾接触带外缘的围岩中。而研究区内呈带状分布的中元古代石英二(闪)长岩在重力资料(图 5, 图 6)中并没有明显的显示。

东沟铜矿区位于图 5 重力异常等值线发生规律性变化曲率较大的地段, 等值线在 -50 ~ -80 mGal 之间。太山庙花岗岩的布格重力异常出现低极值区, 且等值线分布稀疏。向北东经付店、东沟、吉家庄, 到照山玉一带达到最大值。

在图 6 中反映太山庙花岗岩重力特征的负值异常区向北东方向作明显的突出, 东沟铜矿床处于这一突出区域的中央; 在此背景下, 图 5 中的东沟铜矿床的西侧也具有一个向 NE 方向突出的局部平缓区, 二者的同时出现, 预示太山庙岩

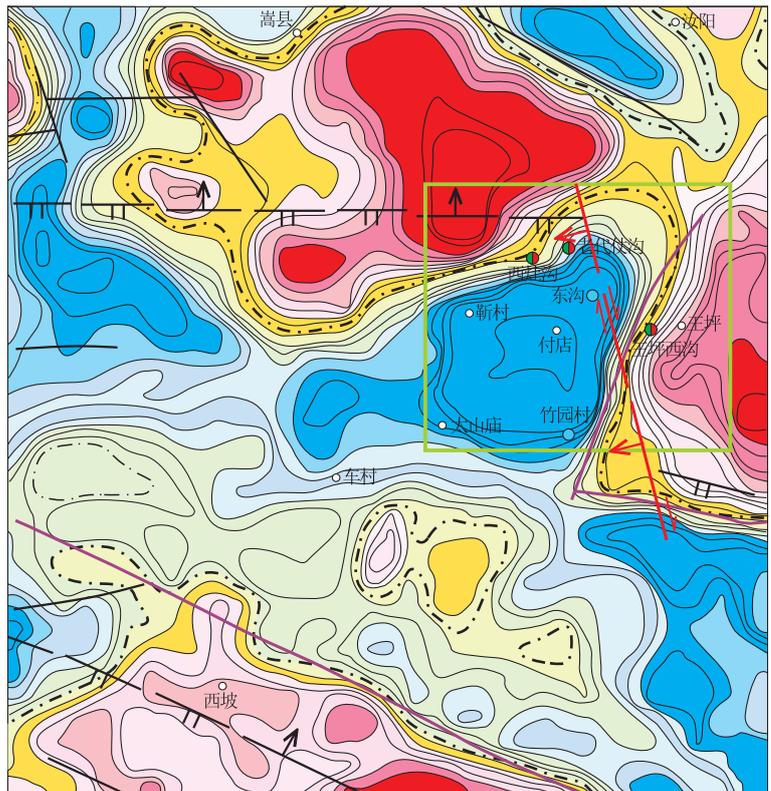


图6 汝阳—嵩县 1 : 50 万布格重力异常图

Fig. 6 Bouguer gravity anomaly map at scale 1 : 500 000 of Ruyang-Songshan area

体在深部向东北方向延伸,且愈向东北隐伏岩体埋藏愈深;据此推断,东沟钼矿床和区内大部分铅锌矿床的深部隐伏着太山庙式花岗岩体,钼矿、铅锌矿的成矿热源问题有了解释的线索。

### 3 区域地球化学特征

#### 3.1 区域 1:20 万水系沉积物异常

##### 3.1.1 1:20 万水系沉积物异常特征

对区域 1:20 万水系沉积物测量主要成矿及指示元素 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, W, Mn, Ba) 分析数据处理后,圈定单元素异常。异常下限按公式  $T = \bar{\lambda} + k\delta (k = 1.65 \sim 2.0)$  确定。在此基础上,将有成因联系的相互重合、部分叠加或紧密毗邻的多个单元素异常圈定为 1 个综合异常,共圈定综合异常 43 个。综合异常总体分布为 NW 向,与区域构造线一致,仅局部呈 NE 向分布。华北克拉通南缘以 Mo, W, Pb, Zn, Ag, Au, Cu (东秦岭缺铜) 元素异常为主,伴有 As, Sb, Ba, Mn 等元素异常;异常的强度高、规模大、元素组合复杂、富集趋势明显,显示了成矿作用的复杂性和多期叠加性。秦岭造山带的异常分布显然弱于华北板块南缘,且以 Pb, Sb, Zn, Ag, Au, Cu 元素异常为主,伴有 As, Ba, Mn 元素异常,异常元素组合较简单且规模小。

##### 3.1.2 Pb, Zn, Ag, Mo 元素异常的分布特征

(1)Pb 元素。Pb 元素异常分布具有明显的地域特征,大部分 Pb 异常分布在黑沟—栾川断裂以北,异常面积大、强度高、分带性好,Pb 异常主要集中在栾川县赤土店、小秦岭、卢氏县杜关、汝阳县付店、鲁山县赵村、洛宁县故县、栾川县马超营等地;黑沟—栾川断裂以南地区的 Pb 异常分布较少,且异常面积、强度、分带性均相对较差。

(2)Ag 元素。Ag 元素异常分布较均匀。黑沟—栾川断裂以北的 Ag 异常与 Pb 异常伴生关系明显,有 Pb 异常的地段均有 Ag 异常发育,且异常面积、强度、分带性与 Pb 元素异常接近,另外在桐柏县天目沟、确山县竹沟 Ag 异常发育;在黑沟—栾川断裂以南也有较多异

常分布,且多数具中、内带,部分 Ag 异常面积较大。主要 Ag 异常有内乡县湍源、桐柏县大河等。

(3)Zn 元素。Zn 元素异常分布较分散,一般面积小、强度低、分带性差,多数仅具外、中带,与 Pb, Ag 元素异常相关性差,仅在局部地段与 Pb, Ag 元素异常伴生。主要 Zn 异常有栾川县三川、淅川县毛堂、花米堂、小陡岭、汝阳县付店、栾川县马超营等地。

(4)Mo 元素。河南省 1:20 万水系沉积物测量所圈定的综合异常均离不开 Mo,说明东秦岭地区是富 Mo 的。如马超营—秋盘—王坪—石坡头 Pb, Zn, Ag, Mo, Cu 异常带,带内共有以 Pb, Zn 为主的异常 41 个,其中甲类 5 个、乙类 11 个。主要异常元素为 Mo, Pb, Zn, Cu, 其次为 Ag。异常面积较大(最大者 70~100 km<sup>2</sup>), Mo 元素含量高,部分异常相互重叠,在马超营、潭头—旧县、付店—王坪一带异常密度相对较高。

#### 3.2 研究区 1:5 万水系沉积物异常

##### 3.2.1 元素的分布特征

研究区 1:5 万水系沉积物样品共分析了 15 种元素,其分布特点呈现西高东低的趋势,其中 Mo, Pb, Zn 等 3 元素表现得十分活跃,形成明显的 NW

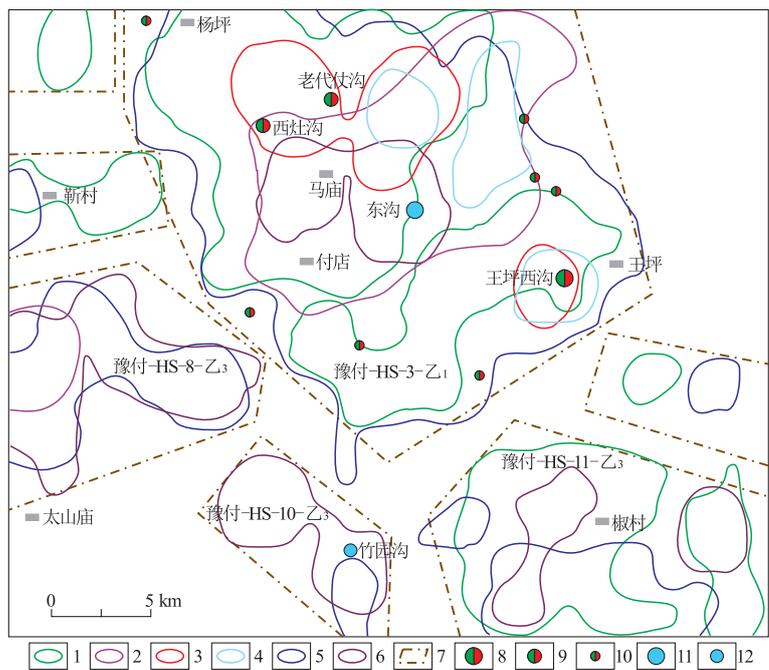


图 7 汝阳南部地球化学综合异常图

Fig. 7 Integrated geochemical anomaly map of Southern Ruyang area

1. 锌异常;2. 金异常;3. 砷异常;4. 银异常;5. 铅异常;6. 钼异常;7. 综合异常;8. 大型铅锌矿床;9. 中型铅锌矿床;10. 小型铅锌矿床;11. 大型钼矿床;12. 中型钼矿床

向展布的线状条带,与区域构造线走向完全一致(图7)。

(1) Pb元素。熊耳群鸡蛋坪组偏酸性火山熔岩和花岗岩分布区为Pb元素的正常值区。在杨坪—付店—王坪—椒沟一带和太山庙花岗岩体接触带上构造活动强烈,Pb元素迁移富集,形成区内高背景区。Pb异常除Pb3号外,其余7个异常全部分布在该高背景区,研究区的铜、铅、锌矿点有80%以上分布于该高背景区。

(2) Zn元素。在太山庙花岗岩体分布区构成Zn元素的正常值区,说明Zn元素受断裂和中酸性岩体的控制,后期有迁移、富集的过程,形成多个小的高背景区和局部异常。本区的中、西部Zn元素明显受断裂控制,形成高背景区。断裂及热液活动过程中不断带入Zn元素,因而形成宽阔的高背景区,研究区内的铅锌矿点全都分布在高背景区内。

(3) Ag元素。Ag异常在研究区内并不多见,而各铅锌矿床均有不同程度的银矿化,局部形成共生矿产。这显示出Ag的地球化学过程是贫化而不是富集,Ag元素与构造、与Pb,Zn的关系十分密切,在Pb,Zn形成异常的部位,常有Ag的异常伴生产出。

(4) Mo元素。Mo在研究区内属高含量元素。从西到东Mo的含量由高到低,变化较为平缓。在太山庙花岗岩体中、付店石英闪长岩体北侧和椒沟等处,形成3个高强背景带。围绕太山庙岩体与熊耳群接触带Mo元素亦相对富集,形成环形异常带<sup>[34]</sup>;在付店和椒沟一带,Mo元素与NE向断裂关系密切,是随岩浆热液活动带入的产物,更说明断裂构造为成矿热液的主要通道。

### 3.2.2 元素组合分布特征

(1) Pb-Zn-Cu-As-Ni-Co-Mn-Mo-Au高背景区。自杨坪向南东,经付店、王坪,到椒沟一带,呈NW向展布,与区域构造线方向一致。宽约14 km,长约26 km,两端均未封闭。此高背景区Pb,Zn元素的强度最高,有明显的浓度、梯度变化,局部高背景地段互相套叠较好;Cu,As元素变化比较平缓,仅在局部地段有相对集中;Mo元素在本区中部形成点状高值区,范围不大;Au元素形成以NE为长轴方向的高值区,这一延展方向显然与Pb,Zn元素不同;表明Mo,Au元素与Pb,Zn元素在成矿富集作用上有所差异。

(2) Cu-Pb-Mo高背景区。位于菠菜沟—胡六村—关帝庙一带,宽2 km,长12 km,似半环带状

分布,两端均延出图外。此高背景区与太山庙花岗岩体的接触带相对应,它反映了花岗岩侵入与围岩发生接触交代蚀变过程中,Cu,Pb,Mo等元素迁移、集中的特征,在后期热液活动时,金属元素又有进一步富集,围绕接触带形成串珠状的Pb,Mo,Au异常。

### 3.2.3 豫付-HS-3-乙1综合异常

豫付-HS-3-乙1综合异常是由Mo,Pb,Zn引起的矿致异常(图8)。

异常西自杨坪,东至王坪,北起拔菜坪,南到银鹿沟,呈NW向展布的不规则状。宽约8.5 km,长约13 km,面积约100 km<sup>2</sup>。该异常区包括14个单元素异常,元素组合以Pb-Zn-Ag-Au-As-Mo为主,Mn-V-Co为次,其中以Pb,Zn元素异常面积最大、强度最高、套叠最好。Pb,Zn的Ⅱ级异常面积有20 km<sup>2</sup>,Pb的Ⅰ级异常面积亦达6 km<sup>2</sup>。Pb,Zn元素异常衬值分别为3.4和1.3, $w(\text{Pb})$ 最高 $10\ 000 \times 10^{-6}$ , $w(\text{Zn})$ 最高 $3\ 000 \times 10^{-6}$ 。Pb,Zn元素有3个互相重叠的浓集中心,分别位于马庙北西的狮子垛凹、拔菜坪和王坪西沟。异常浓度梯度变化明显。Ag元素异常面积较小,分布在Pb,Zn异常浓集地段,Au元素异常面积仅小于Pb,Zn异常,但强度低、变化平缓, $w(\text{Au})$ 最高 $9.4 \times 10^{-9}$ ,形成低缓开阔的弱异常,其主体分布在付店北东清凉寨以南地段。Mo,As异常面积小,Mo异常的强度高,As异常的强度中等。元素异常在分布是具有明显的差异。As异常表现为3个浓集中心,并分别与Pb,Zn,Au,Ag异常的浓集地段相一致。Mo异常有2个浓集中心,位于付店闪长岩体北侧马庙以西和草沟两处,最高值为 $300 \times 10^{-6}$ 。研究区内90%的铅锌矿点均位于该组合异常内,除5个大中型铅、铅锌矿床外,尚有三元沟、裂子山、青岗坪、马庙及银鹿沟等5个小型铅锌矿床也产于该异常区内。

## 4 重砂异常特征

根据1:5万重砂测量的成果,将研究区内16种重砂矿物按成因分为2类:一类为热液活动产生的重砂矿物,一类为来自地层或岩体的重矿物。重砂矿物的分布规律显现出特定地质条件对其的制约作用。

热液型重砂矿物均来自热液成因的矿床、矿(化)点。热液型铅锌矿均产于断裂破碎带中,对围

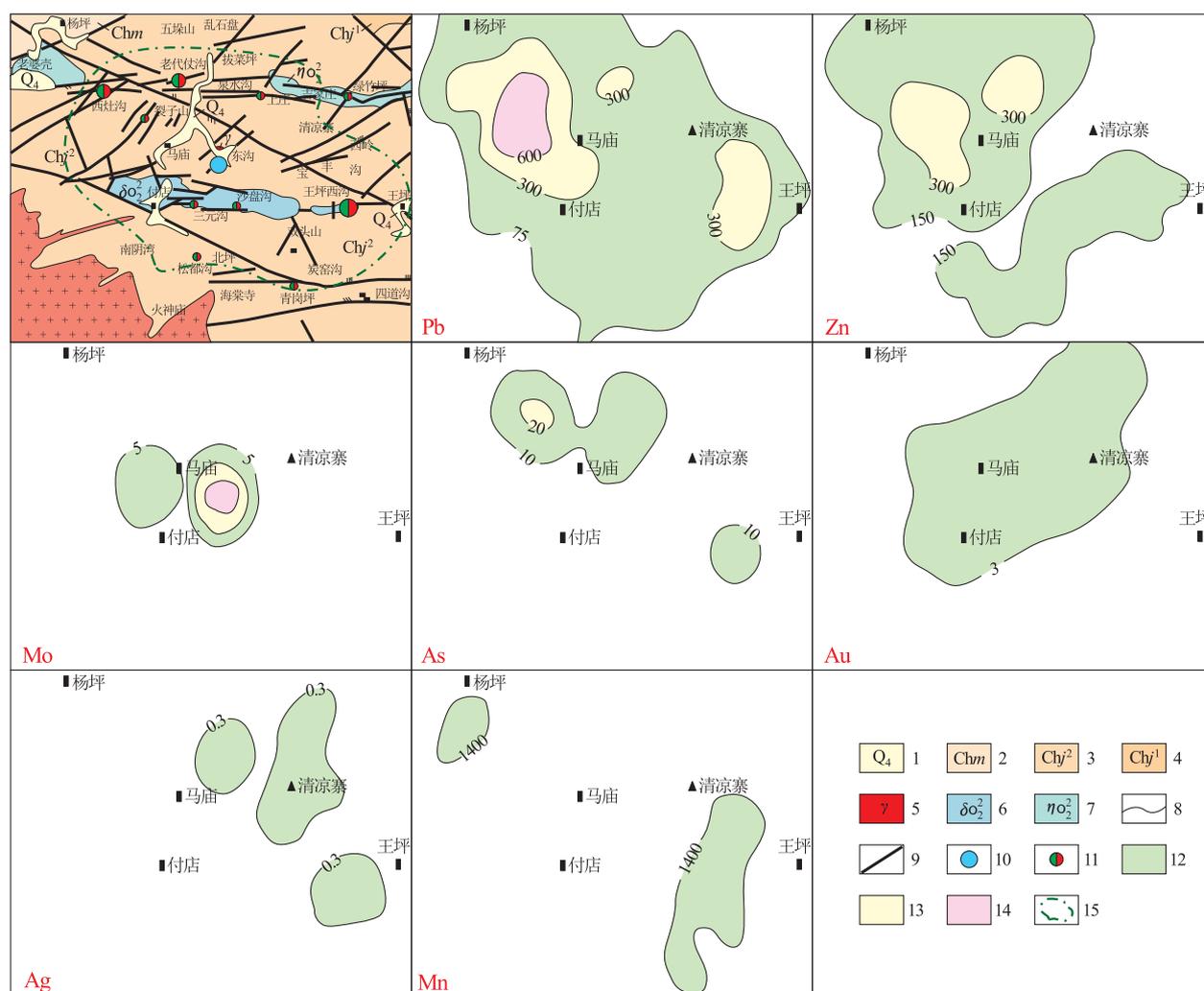


图 8 豫付-HS-3-乙 1 综合异常剖析图

Fig. 8 Interpretation map of HS-3-B1 integrated anomaly

1. 第四系; 2. 熊耳群马家河组; 3. 熊耳群鸡蛋坪组二段; 4. 熊耳鸡蛋坪组一段; 5. 太山庙花岗岩; 6. 石英闪长岩; 7. 石英二长岩;
8. 地质界线; 9. 断裂; 10. 钼矿床; 11. 铅锌矿床; 12. 异常外带; 13. 异常中带; 14. 异常内带; 15. 综合异常

岩的岩性没有明显的选择性。而白钨矿、泡铋矿、辉钼矿 3 种高温矿物的分布受东沟钼矿床及其成矿母岩(花岗斑岩)的严格控制,与线状构造无关,与近等轴状斑岩性钼矿的形态吻合。

王屋山期的中酸性岩浆活动,有可能形成区内成矿元素的预富集。铅锌矿在空间上和该期中酸性岩体有关,而且区内的 EW 向断裂构造破碎带亦为该期岩浆岩的充填空间,推断该期的构造-岩浆活动会造成成矿元素的初步富集,形成早期的热液充填交代型铅锌矿化。

燕山期太山庙花岗岩体的侵入活动,形成区内最为重要的热液多金属成矿作用,各类矿化体基本保留至今。①燕山期的铅锌矿化主要产于距侵入岩体接触带以外的一定宽度范围内;②矿种以钼、铅

为主,并伴有银、铋、钨、锡、铜、金、汞、砷等多种元素的矿物;③燕山期太山庙花岗岩为多阶段侵位的复式岩体,晚期还有东沟花岗斑岩的侵位,成矿作用经历了多阶段演化,矿化时间更为充裕、矿化效果更为充分;④燕山期构造活动强烈,因而将王屋山期岩浆热液作用的矿化现象完全改造殆尽,早期的矿化面貌现已无从辨别;⑤高温、中温、低温的热液矿物组合,在空间的分布表现出一定的规律性。

重砂测量成果(图 9)显示,各种热液型重砂矿物集中于研究区的北东部;从杨坪向南东,经西灶沟、马庙东沟,到王坪西沟、南洞沟,呈 NW 向展布的透镜状,最宽处为拔菜坪—付店银鹿沟一线,面积约 100 km<sup>2</sup>。在此范围内集中了区内规模最大的铅族矿物异常、唯一的金异常、主要的白钨矿异常、唯

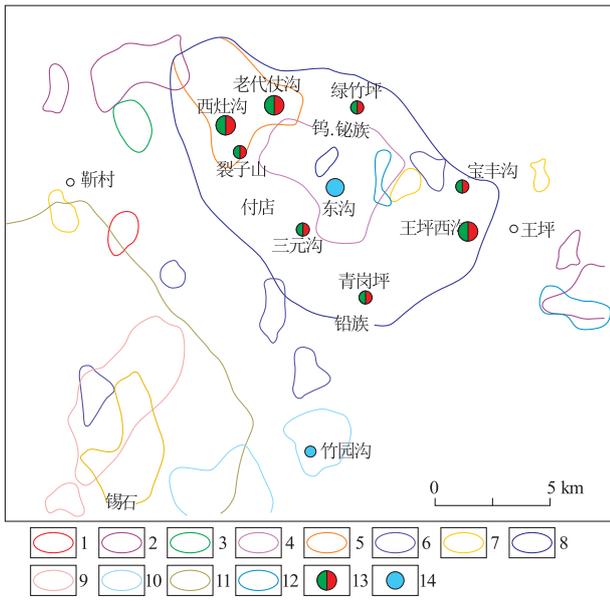


图9 汝阳南部重砂矿物综合异常图

Fig. 9 Integrated heavy mineral anomaly map of Southern Ruyang area

- 1. 金红石; 2. 重晶石; 3. 辰砂; 4. 泡铋矿、白钨矿; 5. 自然金; 6. 白钨矿; 7. 雄黄; 8. 辉钼矿; 9. 锆石; 10. 钽石; 11. 独居石; 12. 铋族;
- 13. 铅铋矿床; 14. 钼矿床

一的泡铋矿异常、主要的辉钼矿异常、半数以上的铜族、铋族矿物异常。

这些重砂矿物异常在平面分布上还具有一定规律性:透镜状重砂异常区的中心马庙东沟为高温热液矿物组合区,而向两侧则出现中低温热液矿物组合区,构成了热液型重砂矿物的温度分带序列。

东沟高温热液矿物组合区,普遍发育铅族矿物异常,并叠加有泡铋矿和白钨矿异常,面积约 15 km<sup>2</sup>,在中心部位的草沟一带还有一个面积不大、强度极高的辉钼矿异常(800×10<sup>-6</sup>)。这些高温热液矿物除在东沟异常区出现外,仅在太山庙花岗岩体内和岩体边缘有零星分布,说明这些矿物的物质来源可能与太山庙花岗岩有关。岩体向东北方向延伸出一系列岩枝(脉),有的长达 4 km,从地表距离上测量,已经靠近高温热液矿物组合区;另外,以马庙东沟为中心的热液重砂矿物透镜体异常带的温度分带的事实,推测东沟高温热液钼矿床是与太山庙期花岗岩较晚阶段的花岗斑岩岩株(枝)有成因关系。

### 5 成矿模式

中元古代早期,华北克拉通南缘的地壳拉伸减

薄,并出现大陆边缘的裂谷活动,造成大量火山熔浆大规模喷溢,形成熊耳群火山岩建造;中元古代晚期,在熊耳群的 EW 向断裂构造中侵入了石英二(闪)长岩等岩体。尽管近年来不断有元古宙成矿的测试数据报道<sup>[35-36]</sup>,但是在汝阳南部却没发现熊耳群和王屋山期石英二长岩有明显的围岩蚀变和矿化现象。据资料,区域熊耳群岩石和石英二长岩中的 Mo, Pb, Zn, Ag, Au 等成矿元素并没有出现明显的富集现象<sup>[37]</sup>

中生代燕山期,中国东部构造体制产生重要的转换作用,区域构造状态从强烈的挤压转为以拉张为主,岩石圈出现伸展和拆沉减薄<sup>[38]</sup>,并伴随着板内壳幔混合源的 A 型花岗岩的多阶段侵入<sup>[39]</sup>,太山

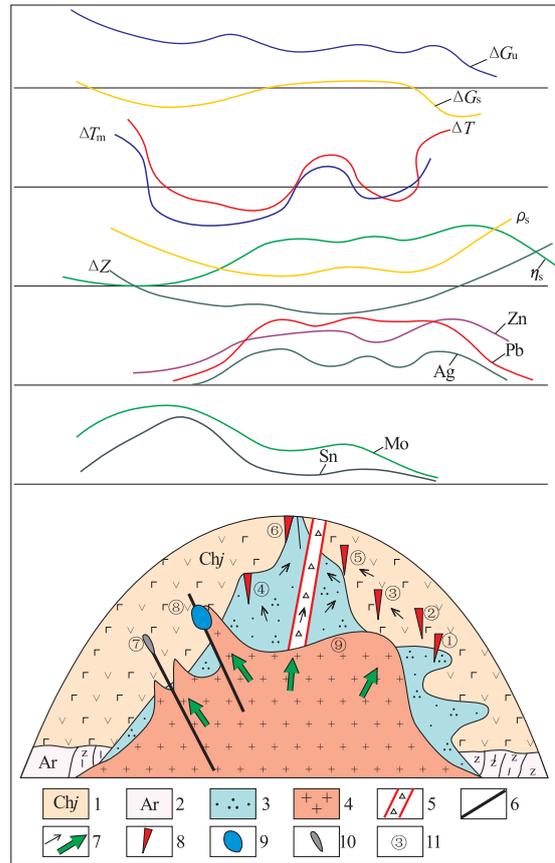


图10 汝阳南部铅钼钨矿成矿模式图

Fig. 10 Metallogenic model of Mo-Pb-Zn ore deposits in Southern Ruyang area

- 1. 熊耳群鸡蛋坪组; 2. 新太古界太华群片麻岩; 3. 王屋山期辉石石英二长岩; 4. 燕山晚期太山庙花岗岩; 5. 导矿断裂; 6. 断裂; 7. 含矿热液迁移方向; 8. 铅铋矿化位置; 9. 钼矿; 10. 萤石矿; 11. 矿床(点)及编号: ①老代仗铅铋矿; ②西灶沟铅铋矿; ③裂子山铅铋矿; ④三元沟铅铋矿; ⑤宝丰沟铅铋矿; ⑥王坪西沟铅铋矿; ⑦隐士沟萤石矿; ⑧东沟钼矿; ⑨竹园沟钼矿

庙复式岩体形成了巨大而持续的热力场,被加热的大气降水在环流运动中与岩体周边的围岩进行广泛的水岩交换作用,从围岩中萃取了大量的 Pb、Zn 等成矿物质,形成含矿气水溶液。同时,花岗岩浆晚期富含挥发分的高温-高压流体在地壳深部熔融太华群和熊耳群底部地层时,捕获了超量的 Mo、Pb、Zn 成矿物质,形成富含钼铅锌的混合热液,含矿熔浆在侵入浅部地壳过程中对其上部围岩产生强烈的上拱作用,脆性围岩发生大面积破裂,同时产生超量的微裂隙,含钼热液进入这些微裂隙进行充填、堆积,形成细脉-网脉状辉钼矿;在钼矿化圈的外围,含矿热液与大气降水的最低标高的潜水混合,在近 EW 向断裂矿化破碎带中形成环流,矿化度、碱金属等组分不断增加,温度、压力下降,矿质浓度增高,在适宜的部位矿质沉淀晶出,形成区内主要的热液充填交代型铅锌矿床(西灶沟、老代仗沟、王坪西沟);隐伏花岗岩体上方地下水不甚发育的地段,含铅锌混合热液直接进入密集的 NE 向断裂中,形成了规模不大的以铅为主的另一种热液充填交代型铅锌矿(裂子山)(图 10)。从而构成汝阳南部一个完整的成矿系统。

## 6 结语

东秦岭汝阳南部钼铅锌矿集区是河南省重要的多金属矿产业基地,近年来随着东沟超大型钼矿床的发现和探明,更是对我国有色金属的矿业开发具有重要而深远意义。矿集区内各类矿床的发现,主要是在区域地质、地球物理勘查、地球化学勘查和重砂测量等成果的基础上,综合各类找矿信息,建立成矿模式,用成矿模式进一步指导找矿,从而形成地质理论与勘查实践的有机结合,构建“立体找矿”的勘查体系,以适应今后对深部矿体勘查的要求。

### 参考文献:

- [1] 马红义,吴邦友,黄超勇,等.河南省汝阳县竹园沟矿区钼矿勘探报告[R].许昌:河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院,2009:15-37.
- [2] 黄典豪,丁孝石,吴澄宇,等.蔡家营铅-锌-银矿床[M].北京:地质出版社,1992:34-121.
- [3] 吉让寿,秦德余,高长林.古东秦岭洋关闭和华北与扬子两地块拼合[J].石油实验地质,1990,12(4):353-365.
- [4] 罗铭玖,张辅民,董群英等.中国钼矿床[M].郑州:河南科学技术出版社,1991(12):34-351.
- [5] 乔怀栋,许永红,董有,等.洛南-豫西地区燕山期中酸性小岩体与钼矿成矿关系的研究[R].郑州:河南省地质科学研究所,1985:38-128.
- [6] 陈毓川,朱裕生,孙文珂等.中国矿床成矿模式[M].北京:地质出版社,1993(10):151-232.
- [7] 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,2006:684-771.
- [8] 翟裕生,邓军,彭润民等.成矿系统论[M].北京:地质出版社,2010:66-158.
- [9] 卢欣祥,尉向东,董有等.小秦岭-熊耳山地区含矿特征与地幔流体[M].北京:地质出版社,2004:54-120.
- [10] 卢欣祥,罗照华,宋锋等.河南省花岗岩及与成矿关系研究—透岩浆成矿理论体系与河南省钼矿成矿作用[R].郑州:河南省国土资源科学研究院,2011:87-187.
- [11] 罗铭玖,黎世美,卢欣祥等.河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M].北京:地质出版社,2000:50-85.
- [12] 赵太平,徐勇航,翟明国.华北陆块南部元古宙熊耳群火山岩的成因与构造环境:事实与争议[J].高校地质学报,2007,13(2):191-206.
- [13] 陈毓川,常印佛,裴荣富等.中国成矿体系与区域成矿评价[M].北京:地质出版社,2007:123-246.
- [14] 燕长海.豫西南铅锌银钼矿集区成矿规律及找矿方向研究[R].郑州:河南省地质调查院,2007:27-88.
- [15] 张国伟,梅志超,周鼎武,等.秦岭造山带的形成及演化[M]//张国伟.秦岭造山带的形成及演化.西安:西北大学出版社,1988.
- [16] 毛景文,谢桂青,张作衡,等:中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景[J].岩石学报,2005,21(1):169-188.
- [17] 叶会寿,毛景文,李永峰,等.东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J].地质学报,2006,80(7):1078-1088.
- [18] 付治国,吕伟庆,田修启,等.东沟钼矿床地质特征及找矿因素研究[J].中国钨业,2005,29(2):8-16.
- [19] 付治国,赵云雷,王靖东,等.前寒武系对东秦岭—大别山钼成矿带成矿作用的贡献[J].华南地质与矿产,2007,92(4):27-34.
- [20] 付治国,宋要武,田修启,等.东沟特大型斑岩钼矿床的物化探找矿效果[J].物探与化探,2006,30(1):33-37.
- [21] 李永峰,毛景文,胡华斌,等.东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其动力学背景[J].矿床地质,2005,24(3):292-304.
- [22] 卢欣祥,于在平,冯友利,等.东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J].矿床地质,2002,21(2):168-178.
- [23] 乔怀栋,董有,刘长命,等.豫西成钼小岩体的成因及其钼质来源[J].河南国土资源,1985,3(增刊):281-285.
- [24] 付治国,靳拥护,燕长海,等.河南省汝阳老代仗沟钼铅矿床趋势分析及成因研究[J].华南地质与找矿,2008,95(3):29-39.
- [25] 付治国,瓮纪昌,燕长海,等.东秦岭冷水北沟钼铅银矿床同位素地球化学特征[J].物探与化探,2010,34(1):34-39.
- [26] 马红义,赵秀芳,张云政,等.汝阳县王坪西沟钼铅矿床地质特征找矿方向[J].地质找矿论丛,2006,21(3):184-187.

- [27] 马红义,黄超勇,巴安民,等. 汝阳县南部铅锌铜多金属矿床成矿规律及找矿标志[J]. 地质与勘探, 2006,42(5):18-20.
- [28] 马红义,吕伟庆,张云政,等. 河南汝阳东沟超大型钼矿床地质特征及找矿标志[J]. 地质与勘探, 2007,44(4):1-5.
- [29] 马红义,刘永春,罗明伟,等. 豫西太山庙花岗岩体特征与多金属矿产的关系[J]. 华南地质与矿产, 2008, 83(1):13-14.
- [30] 张云政,瓮纪昌,云辉,等. 汝阳竹园沟钼矿床地质特征及找矿方向[J]. 地质调查与研究, 2010,33(1):12-18.
- [31] 卢欣祥. 秦岭花岗岩大地构造图[M]. 西安:西安地图出版社, 1999:1-27.
- [32] 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(4):1-13.
- [33] 黄凡,卢欣祥. 河南汝阳地区竹园沟钼矿地质特征、成矿时代及地质意义[J]. 地质通报, 2010,29(11):1704-1700.
- [34] 黄凡,罗照华,卢欣祥,等. 东沟含钼斑岩由太山庙岩基派生?[J]. 矿床地质, 2010,28(5):569-584.
- [35] 魏庆国,姚军明,赵太平,等. 东秦岭发现~1.9 Ga 钼矿床——河南龙门店钼矿床 Re-Os 定年[J]. 岩石学报, 2009, 25(11):2747-2751.
- [36] 李厚民,叶会寿,王登红,等. 豫西熊耳山寨凹钼矿床辉钼矿铼-钨年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2009,28(2):133-142.
- [37] 张自森,林森,王小高. 河南嵩县南部地区成矿地球化学特征[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2012,31(2):128-134.
- [38] 李永峰,毛景文,胡华斌,等. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其动力学背景[J]. 矿床地质, 2005,24(3):292-304.
- [39] 李厚民,陈毓川,叶会寿,等. 东秦岭一大别地区中生代与岩浆岩活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列[J]. 地质学报, 2008,82(11):1468-1477.

## Mineral resources and the metallogenic model of southern Ruyang ore deposit-clustered area in eastern Qinling region

WANG Lingquan, LI Wenzhi, QUAN Zhixin, FU Hengyi,  
JIANG Yongfang, ZHANG Peng, FU Zhiguo

(No. 2 Geo-exploration Institute Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and  
Mineral Development, Xuchang, 461000, Henan, China)

**Abstract:** The southern Ruyang molybdenum-lead-zinc deposit-clustered area in east Qinling includes 4 medium-large size and 45 small size ore deposits or occurrences. These ore deposits or occurrences occur generally in volcanic rock of Jidanping Formation of Xiong'er Group of Changcheng System. Fractures trending in EW direction control the volcanic rock and the ore. The Late Yanshanian complex granitic rock bodies control the whole ore deposit-clustered area. The third stage alkali feldspar porphyry granite is closely related to the ore. Most of the deposits occur in the areas where anomalies are distributed in mess. Major Pb-Zn ore deposits all occur in the surrounding of negative gravity anomaly area caused by Taishanmiao granite. Mo-Pb-Zn deposits in Yangping-Wangping area are all included in the river sediment anomaly of Mo-Pb-Zn-Ag-Au-As. The natural heavy mineral anomaly is centered by the high temperature mineral of sheelite and bismuthite and superimposed by ring Pb anomaly. Therefore, the anomaly is outward from the center to the mesothermal Pb group minerals and further more epithermal barite, arsenopyrite with clear zoning. Based on the comprehensive information for prospecting Mo-Pb-Zn mineral resources in the area the metallogenic model is built providing guidance for further prospecting.

**Key Words:** molybdenum lead-zinc ore deposit-clustered area of southern Ruyang; comprehensive prospecting information; metallogenic model; eastern Qinling