

文章编号: 1001—6996 (2006) 01—0045—12

陕西马元地区 铅锌矿地质特征及找矿方向

侯满堂, 王党国, 邓胜波, 杨宗让, 徐 涛

(陕西省地质调查院, 西安 710054)

摘 要: 陕西马元地区铅锌矿位于扬子地台北缘碑坝隆起东南缘一带。矿化带长大于 60 km, 宽 10~200 m, 可分为南、东、北三个铅锌矿化带, 已圈出了 40 多条铅锌矿体。其中南矿化带长大于 20 km, 宽 20~120 m, 已圈出了 40 多条铅锌矿体; 东矿化带长大于 30 km, 宽 20~200 m, 地表已发现 7 条铅锌矿体; 北矿化带长大于 10 km, 宽 10~100 m。矿体一般长 100~2560 m, 厚 0.80~10.01 m, 锌品位 1.05%~10.82%, 铅品位 0.55%~7.54%。主矿体长 2560 m, 厚 1.46~32.53 m, 平均厚约 7.60 m, 最厚 28.40 m, 锌品位 1.45%~11.42%, 平均 4.47%。矿化带主体由震旦系灯影组白云岩组成, 产于灯影组的砾状白云质角砾岩带中。矿化主要受地层和构造的控制。经预测, 陕西碑坝—马元、云河—庙坝、阳平关—宽川铺—阜川、司上—镇巴、镇坪及湖北竹溪、神农架、黄陵等地区有较好的找矿前景。

关 键 词: 铅锌矿; 地质特征; 控矿条件; 找矿标志; 找矿方向; 陕西马元

中图分类号: P618.402 **文献标识码:** A

扬子地台位于我国的南偏东部, 周边与不同的造山带相拼, 其北接秦岭—大别造山带, 西邻松潘—甘孜造山带, 南靠华南、右江造山带。由于构造位置特殊, 矿产资源丰富, 一度受到地质界的关注。震旦系地层广布于扬子地台边缘, 在各地的这一层位中都赋存有铅锌矿床。新中国成立以来, 湘、黔、桂、滇、陕等省相继开展了铅锌地质勘查工作, 发现了会东大梁子、会理天宝山、甘洛赤普大型铅锌矿床以及宁南银厂沟、甘洛沙岱、汉源团宝山、唐家中型铅锌矿床^[1], 在桂北、湘西北、赣西北地区 (江南台隆) 发现了董家河、团河等铅锌矿床^[2], 此外, 还发现了数目繁多的小型矿床和矿点。近年来随着国土资源大调查项目的开展, 越来越多的新发现不断出现。川西南汉源—会理地区在已知矿床外围有许多新发现, 陕西南郑马元地区^[3,4]、湖北竹溪地区在灯影组新发现了大规模的铅锌矿带^[5], 湖北神农架等区也都新发现了铅锌矿点。这些新发现使扬子地台震旦系铅锌矿再次受到地质界的关注。特别是南郑马元地区大型铅锌矿带的发现, 对扬子地台铅锌矿的勘查、研究有着重要的现实意义

收稿日期: 2006—05—09

作者简介: 侯满堂, 男, 1958 年生, 教授级高级工程师, 从事地质矿产勘查、研究工作, 曾发表论文 40 余篇。

基金项目: 受中国地质调查局国土资源大调查矿产资源评价项目资助 (项目编号: 200310200037、1212010531802)。

等, 主要产于碑坝基底内的辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩中。钴矿和铁矿则主要产于郭家坝组底部平行不整合面上的含钴铝土褐铁矿层中, 以九岭子钴矿点和冷青坡铁矿点为代表, 均属风化淋滤型。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区出露地层主要有中上元古界火地垭群、震旦系和寒武系。其中火地垭群位于碑坝隆起中心部位, 震旦系和寒武系地层出露于隆起的周边。

中、晚元古代火地垭群由后河组、麻窝子组、上两组和铁船山组组成, 岩性主要为中、深变质火山碎屑岩夹中基性火山熔岩、大理岩, 下部有混合岩。与灯影组呈区域性角度不整合接触。

震旦系分布于汉南—碑坝区北部、东部和南部。下统缺失, 上统为灯影组, 直接不整合沉积在火地垭群或侵入岩之上。岩性为硅质白云岩、藻屑白云岩、砂质白云岩、砂岩等。总厚 288~788 m。在下部藻屑白云岩夹条纹状白云岩中产藻类化石, 在上部白云岩中产原始软体动物和软舌螺。依据化石及岩性组合, 将其分为上、下两段, 二者以砂岩为界。

灯影组下段 (Z_2dn^1): 不整合于火地垭群及澄江期侵入岩之上。岩性为砂砾岩、葡萄状藻屑白云岩、条纹状藻屑白云岩、块状白云岩及角砾状白云岩。本段在东部小河 (白玉) 至广家红崖子一带缺失。该段又可分第一、第二两个岩性层。第一岩性层 (Z_2dn^{1-1}) 为灰黄色中厚层白云质砂砾岩及含砾白云岩和复成分砾岩。第二岩性层 (Z_2dn^{1-2}) 整合于下部岩性之上。岩性上部为黄灰—砖红色中厚层长石石英砂岩与灰白色中厚层硅质白云岩互层, 间夹泥砂质白云岩。与富藻层互层。缺失下贫藻层, 部分地区上贫藻层也缺失。该段厚 99~404 m。

灯影组上段 (Z_2dn^2): 平行不整合于下段之上。该段又可分第一、第二两个岩性层。第一岩性层 (Z_2dn^{2-1}) 以中厚层状砾屑白云岩为主, 间夹薄层状藻屑白云岩, 普遍含沥青等有机物。为铅锌矿赋矿层位。第二岩性层 (Z_2dn^{2-2}) 岩性为硅质白云岩、含炭、泥质白云岩和微粒结晶灰岩等; 上部含硅质条带和团块, 并含胶磷矿, 顶部产软舌螺。该段厚 189~

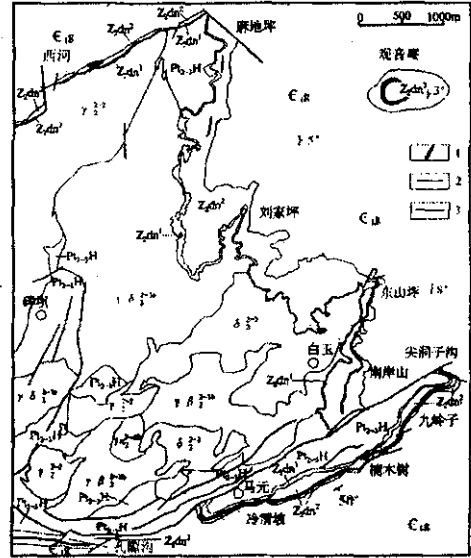


图 2 马元地区铅锌矿带地质示意图

Fig. 2 Geology of the lead-zinc mineralization in Mayuan area

C_{1g}. 下寒武统郭家坝组; Z_2dn^1 . 上震旦统灯影组上段; Z_2dn^1 . 上震旦统灯影组下段; $Pt_{2-3}H$. 中、晚元古代火地垭群; $\gamma_{\pi_2}^{2-3b}$. 花岗岩斑岩; $\gamma_{\beta_2}^{2-3b}$. 黑云母花岗岩; δ_2^{2-2} . 闪长岩; $\gamma_{\delta_2}^{2-3a}$. 黑云母斜长花岗岩、斜长花岗岩; $\nu_{\delta_2}^{2-2}$. 辉长岩; 1. 铅锌矿带; 2. 地质界线; 3. 断裂 (灯影组与火地垭群之间为角度不整合, 郭家坝组与灯影组为平行不整合, 在图中未画出)

384 m。

灯影组岩性组合特点为：下段泥质含量高，硅质、钙质低；上段硅质、钙质增高，泥质减少。所以硅质条带和团块多集中在上段。沿走向，前进乡以东硅质条带和团块增多，沙坝、贵民一带减少，且仅见于顶部。灯影组上段是重要的含矿层位，朱家坝发现有磷矿，贵民一带见有含磷条带。此外，多处见铅锌矿化。

灯影组厚度和岩相特点为：灯影下段沉积厚度和岩相变化表现为南厚北薄，小河到红崖子之间缺失；贵民至汇滩，沉积最厚，除下贫藻层缺失外，富藻层和上贫藻层都有沉积。灯影上段沉积厚度和岩相无明显变化，以富含硅质条带或团块为其特征，其中，上部具铅锌矿化，顶部含磷；底部往往有砂岩、砾岩沉积。小河至红崖子灯影组上段角度不整合于火地垭群、澄江期侵入岩之上。该地层顶部含磷层中，盛产原始软体动物—软舌螺化石。

寒武系为滨海—浅海相的砂岩、页岩，厚 522~678 m。平行不整合于震旦系之上。根据化石和岩性组合，将测区内下寒武统划归郭家坝组。郭家坝组下段，岩性为炭质页岩，铝土质页岩，底部有一层厚 1~38m 的含钴黑土、褐铁矿层；上段岩性主要为网格状泥灰岩、含钙粉砂岩。

对扬子北缘主要成矿元素 Pb、Zn、Ba 在基底及灯影组地层和岩石中的丰度进行了初步统计，其结果见表 1、表 2。由表可知：区内主要成矿元素 Pb、Zn 在灯影组白云岩地层中其平均值低于地壳克拉克值，而基底岩系（Pt₂₋₃H）背景含量明显较高，一般高出克拉克值 3~12 倍。成矿元素 Pb、Zn 在澄江期花岗岩中背景含量明显也较高，一般高出克拉克值 2~4 倍。灯影组下段第一岩性层 W、Ba 相对较高。而在灯影组白云岩和寒武系炭质板岩（C₁g）中 Ba 含量普遍较高。

表 1 扬子地台北缘地层岩石成矿元素丰度统计表
Tab.1 Metallogenic element abundance in strata
of the northern margin of the Yangtze platform

序号	地层名称或代号	岩 性(样数)	元素背景含量(10 ⁻⁶)		备 注
			Pb	Zn	
1	郭家坝组(C ₁ g)	炭质板岩(13)	22	66	①Pt ₂₋₃ bk 引自翟刚毅(1998)；
2	灯影组(Z ₂ dn)	砂岩、白云岩(105)	12	71	
3	火地垭群(Pt ₂₋₃ H)	大理岩(2)	50	300	
4	碧口群(Pt ₂₋₃ bk)	变火山岩(60)	18	124	②平均值均采用加权平均求得；
5	花岗岩(r ₂₋₃)	花岗岩(2)	30	60	
6	基底岩系(平均)	(64)	19	128	③地壳克拉克值引自黎彤(1989)；
7	澄江期花岗岩	含霓石碱性花岗岩	35	325	
8	澄江期花岗岩	碱性花岗岩	6	45	④花岗岩资料采用单翔麟(1983)
9	地壳克拉克值		15	86	

2.2 构造

区内构造总体上为一个大型穹隆构造，其核部由中、晚元古界火地垭群及晋宁—澄江期侵入体构成，翼部为上震旦统一寒武统地层。翼部地层往往发育宽缓的复式向斜构造。上震旦统灯影组含矿地层则构成这一穹隆翼部宽缓复式向斜构造的底部地层单元。含矿层位的

分布明显受穹隆翼部宽缓复式向斜构造控制。

表 2 震旦系地层成矿元素地球化学丰度值统计表

Tab. 2 Geochemical abundance of metallogenic elements in the Sinian System

序号	地层名称	样品 个数	元素背景含量(10^{-6})				备 注
			Pb	Zn	Ba	W	
1	郭家坝组(G_{1g})	13	22	66	1207	65	①Pb、Zn 元素地壳克拉克值分别为 16×10^{-6} 和 83×10^{-6} ； ② Z_2dn 是采用加权平均求得； ③ $Pt_{2-3}Hm^3$ 仅有 2 个样品，代表性较差，仅作参考； ④地壳克拉克值引自黎彤(1983)统计结果
2	灯影组上段第二岩性层(Z_2dn^{2-2})	6	12	85	100	83	
3	灯影组上段第一岩性层(Z_2dn^{2-1})	49	9	74	123	72	
4	灯影组下段第二岩性层(Z_2dn^{11-2})	44	13	72	128	54	
5	灯影组下段第一岩性层(Z_2dn^{11-1})	6	24	33	817	292	
6	灯影组(Z_2dn)	105	12	71	163	78	
7	火地垭群($Pt_{2-3}H$)	2	50	500	100	50	

区内断裂构造主要沿穹隆核部杂岩的近翼部位置上发育，有成矿前的控矿断裂和成矿后的破矿断裂。成矿前形成的控矿断裂主要沿震旦系灯影组上段第一岩性层角砾状白云岩层顺层产出，其形成的构造角砾岩主体特征以张性特征为主，角砾成分为上段第一岩性段角砾状白云岩，胶结物主要以围岩碎屑为主。角砾棱角分明，局部地段角砾形状具有可拼特征，说明角砾形成过程中位移量不大。其次可见到压扭性特征构造角砾岩，其角砾具有一定的磨圆度，胶结物以白云岩碎屑为主。早期断裂构造角砾岩胶结物中普遍具有闪锌矿化、方铅矿化、重晶石化、零星黄铁矿化，而角砾中很少出现矿化现象。翼部灯影组上段第一岩性段厚层白云岩内形成的层间控矿断裂随着地层的褶皱而发生褶曲，并沿穹隆周边分布。成矿后断裂以马元—朱家坝逆掩断裂为主，呈 NEE 向横贯研究区南部，造成了基底岩系（麻窝子组）被逆冲上来而局部迭加超覆在翼部的含矿层位（ Z_2dn ）之上（张家沟一带）。在灯影组含矿地层内则主要发育有斜切及横切地层的平移断层，其对含矿角砾岩带及矿体有一定的错动（1~5 m）。在九岭子矿段断层呈 NWW 向展布，左行平移断层位移较大，造成了含矿地层发生错位达 1000 m 以上，并使含矿角砾岩带重复出现。尖碛子沟矿段含矿角砾岩带则处于尖碛子沟次级背斜转折端的北翼，受平行轴向的逆冲断层向南逆掩，而明显超覆在下盘灯影组上段砂岩层位之上。

2.3 化探、重砂异常特征

1：5 万水系沉积物测量在区内圈出了成带分布的 Pb、Zn、Co、Cu 等多元素综合异常 9 个。异常规模大、强度高，分带明显。单个异常面积 2~18 km²，Zn 元素平均值 110×10^{-6} ~ 290×10^{-6} ，离差 70~390，多具外、中、内三级浓度分带。异常主体均与灯影组地层吻合，经对部分异常初步工作，多数已发现铅锌矿（化）体，为矿致异常。1：5 万重砂测量沿孔隙沟—楠木树—南岸山—刘家坪一带圈出 5 个铅、铜、辰砂异常，其展布基本与 1：5 万水系沉积物异常和灯影组地层对应吻合，异常区内均发现了铅锌矿（化）体。

2.4 激电异常特征

全区 34 条 1：1 万激电剖面上，推断解释确定与已知矿（化）体相关的甲类 η_s 异常 24 个，有找矿意义的乙类异常 15 个。铅锌矿（化）体均形成明显或可分辨的局部异常。 η_s 异

常强度较低,一般在 $1\%\sim 3\%$ 之间;异常范围内有较高的 ρ_s 异常,一般为 $2000\ \Omega\cdot M\sim 5000\ \Omega\cdot M$ 。白云岩、角砾状白云岩不形成明显的 η_s 异常峰值,能形成明显的 ρ_s 异常。炭质板岩能形成强度较高的 η_s 异常,范围较大一般和炭质板岩地层相对应; η_s 极大值一般在 $4\%\sim 7\%$ 之间。 ρ_s 值极低,一般为 $100\ \Omega\cdot M\sim 300\ \Omega\cdot M$,曲线平直不形成异常。砂岩 ρ_s 异常强度较高($4\%\sim 8\%$)与炭质板岩引起的异常强度相当;对应有较高强度的 ρ_s 异常($3000\ \Omega\cdot M$)或背景($1000\ \Omega\cdot M$ 左右)。对野外露头 and 岩、矿(石)标本进行测定,区内岩、矿石电性均存在较大差异:其中铅锌矿石极化率较高(5.21%),电阻率最高($11379\ \Omega\cdot m$);炭质板岩极化率最高(17.23%),电阻率最低($883\ \Omega\cdot m$);角砾岩及白云岩电性差异较小,极化率最低($0.81\%\sim 0.63\%$),电阻率较高($2710\ \Omega\cdot M\sim 3158\ \Omega\cdot m$)。在南矿带孔溪沟—九岭子一带开展的 $1:1$ 万电法测量,圈出8个激电异常,其中7个与矿化角砾岩带吻合,均发现了铅锌矿体,为矿致异常。

3 矿床地质

3.1 矿带及矿体

马元地区铅锌矿产于碑坝穹隆周缘震旦系灯影组白云岩中,已发现长大于60 km,宽10~200 m的铅锌矿化带。矿化带可分为南、东、北三个铅锌矿(化)带(图2)。在三个矿(化)带内孔隙沟、冷青坡、楠木树、九岭子、尖碛子沟、南岸山、观音庵等地段现已发现40多条铅锌矿体。已发现的铅锌矿体主要分布于南矿(化)带和东矿(化)带。

(1) 南矿(化)带

呈北东东向沿碑坝基底隆起南侧的孔溪沟—楠木树—尖碛子沟一带展布,长大于20 km,宽60~300 m,分为孔溪沟、冷青坡、楠木树、九岭子、尖碛子沟5个铅锌矿段,已圈出了40余条铅锌矿体。

楠木树矿段:地表矿化角砾岩带呈北东东向展布,长大于3000 m,宽60~230 m。共圈出5条锌矿体,3条铅锌矿体,2条铅矿体。矿体长100~2560 m,厚度0.80~13.14 m,锌品位 $1.05\%\sim 13.09\%$,铅品位 $0.60\%\sim 4.12\%$ 。楠木树1号锌矿体(图3,4),地表长2560 m,厚1.46~32.53 m,平均厚约7.60 m,最厚28.40 m,品位 $Zn1.45\%\sim 11.42\%$,平均 4.47% 。矿体呈似层状、透镜状,具膨大狭缩、分枝复合特点。钻探发现深部存在盲矿体。

九岭子矿段:位于楠木树矿段东侧,地表含矿角砾岩带长大于4300 m,宽100~300 m。圈出了12条锌矿体,5条铅矿体。矿体长110~1650 m,厚度0.80~10.01 m,锌品位 $1.52\%\sim 10.82\%$,铅品位 $0.55\%\sim 3.54\%$ 。

冷青坡矿段:位于楠木树矿段西侧浦家沟—冷青坡—大院子之间,长大于6 km,宽30~250 m,目前圈出锌矿体3条,铅锌矿体5条,铅矿体1条。矿体长100~780 m,厚度0.80~1.70 m,锌品位 $2.31\%\sim 5.60\%$,铅品位 $3.21\%\sim 7.54\%$,最高 29.14% 。

孔溪沟矿段:处于南矿带西端,地表发现矿化角砾岩带长大于6 km,宽60~250 m的铅锌矿化角砾岩带,圈出5条铅锌矿体,长一般440~1685 m,平均厚2.31~5.92 m,平均锌品位 $2.04\%\sim 6.10\%$ 。

尖碛子沟矿段：位于南矿带东端，含矿角砾岩带近 EW 向展布，长 2600 m，宽 20~60 m，圈出 2 条铅锌矿体。矿体长 580 m 和 200 m，厚 1.53~5.30 m，锌品位 1.30%~9.40%；铅品位 2.77%~3.31%。

(2) 东矿（化）带

处于碑坝基底隆起东侧的南岸山—东山坪—松坪及观音庵一带。

南岸山—东山坪矿段：长大于 30 km，宽 10~160 m，经地表稀疏的槽探揭露和追索工作，发现了长大于 10 km 的矿化角砾岩带和东山坪、南岸山两个富集区段，圈出 4 条铅锌矿体。矿体长一般 100~500 m，平均厚 1.35~8.00 m，锌品位 1.48%~3.04%，铅品位 2.75%~11.74%。麻地坪—刘家坪—东山坪地段的角砾状白云岩中也发现了铅锌矿化。

观音庵铅锌矿段：发现含矿角砾岩带长 1890 m，宽大于 60 m，并在其上部的角砾状白云岩中发现了铅锌矿化，赋矿层位及矿化基本特征与南矿化带大致相同。初步圈出 3 个铅矿体，矿体长 100~1200 m，厚 1.20~2.02 m，铅品位 1.18%~2.29%，锌品位 0.2~1.19%。

(3) 北矿（化）带

沿西河—麻地坪一带呈近 EW 向展布，长大于 10 km，宽 10~50 m，经少量路线踏勘，已发现了铅锌矿化线索。

矿（化）体在三度空间展布较稳定，沿走向较稳定；矿体沿倾向受控矿岩性层—砾屑白云质构造角砾岩（角砾岩）制约，随砾屑白云质角砾岩层厚度变化而变化，角砾岩发育、角砾岩层厚度大则矿体厚度也大；钻探深部控制矿体 300 余米深处，矿体的厚度、品位、矿化特征等均无显著变化，反映矿体向深部延伸较稳定。总体上，层状砾屑白云岩带均有不同程度的铅锌矿化（伴有重晶石化和沥青产出），表现为矿化集中于砾屑白云岩、受灯影组地层控制的层控规律，局部因受矿化富集程度和矿体工业指标影响出现工业意义上的贫矿段（夹石）使矿体呈现分枝或复合现象。

3.2 矿石

矿石矿物主要有闪锌矿、菱锌矿、方铅矿，少量黄铁矿、辉银矿。脉石矿物有白云石、方解石、石英、重晶石、萤石、沥青等。氧化矿物主要有褐铁矿、菱锌矿、异极矿。

矿石结构自形、半自形中细粒结构，次有它形粒状结构。矿石构造以角砾状为主、其次有块状、条带状、脉状、浸染状、网脉状、斑团（点）状。

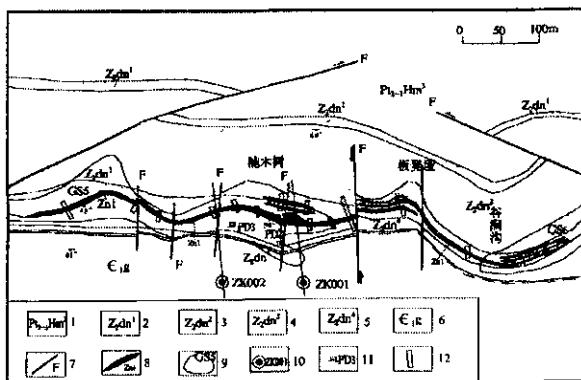


图 3 楠木树铅锌矿段地质略图

Fig. 3 Sketch map showing geology of the Nanmushu lead-zinc ore block

1. 中上元古界火地垭麻窝子组大理岩；2. 震旦统灯影组第一岩性段砂岩、含砾砂岩；3. 灯影组第二岩性段层纹状藻屑白云岩；4. 灯影组第三岩性段厚层白云岩、角砾状白云岩；5. 灯影组第四岩性段含缝石条带状白云岩；6. 下寒武统郭家坝组炭质板岩、含炭粉砂质板岩；7. 断层；8. 矿体及编号；9. 激电异常及编号；10. 见矿钻孔位置及编号；11. 平硐位置及编号；12. 探矿工程位置

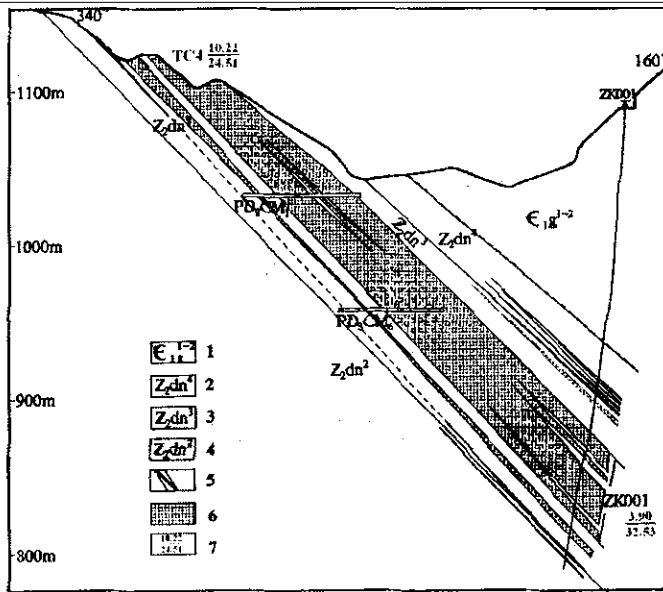


图4 楠木树铅锌矿段 K001 剖面图

Fig. 4 Section of K001 in the Nanmushu lead-zinc ore block

1. 炭质板岩; 2. 条带状白云岩; 3. 角砾状白云岩、铅锌矿化层; 4. 层微状藻屑白云岩; 5. 铅矿体; 6. 锌矿体; 7. 矿体品位/厚度

矿石化学成份中钙、镁质较高, 一般 CaO 15.0%~27.0%, MgO 13.0%~25.0%, CO_2 1.0%~30.0%, SO_3 3.0%~10.0%, SiO_2 1.0%~11.0%, 有机质 0.5%~3.0%, Tfe 0.5%~1.5%, 其余组分小于 5%。矿石中除 Pb 、 Zn 外, 还伴生有益元素 Ag 、 Ge 、 Cd 、 Cu 等, 一般含量 Ag 2×10^{-6} ~ 35×10^{-6} , Ge 0.002%~0.05%, Cd 0.002%~0.10%, Cu 0.03%~0.35%。在空间分布上, 南矿带以 Zn 为主, 伴生 Ge 、 Cu ; 中矿带以 Pb 为主, 伴生 Cd 、 Ag 。一般 Zn 与 Ge 、 Pb 与 Cd 、 Ag 成明显正相关。

矿石类型主要为重晶石—白云石—闪锌矿型锌矿石、重晶石—白云石—方铅矿—闪锌矿型铅锌矿石和重晶石—白云石—方铅矿型铅矿石 3 种类型。

南带以闪锌矿(±方铅矿)+重晶石+沥青为主, 呈现富锌贫铅的矿化特点, 为一低温、富锌、富钡、富含沥青的成矿组合; 中带(南岸山为代表)以重晶石+方铅矿(±闪锌矿)+沥青为主, 呈现富铅贫锌的矿化特点, 呈低温、富铅、富钡、富含沥青的组合。

3.3 围岩蚀变

围岩蚀变在矿区不发育, 仅在个别地段出现围岩蚀变现象, 且规模小、强度弱。显示成矿作用以充填作用为主的特点。

围岩蚀变类型有白云岩化、弱硅化、重晶石化、炭化, 少量萤石化蚀变, 地沥青普遍发育。重晶石化和硅化主要以胶结物形式与闪锌矿等同时充填于角砾及裂隙间, 对角砾无明显的交代蚀变现象。地沥青主要表现为以气液溶蚀作用为特点, 常在矿体内及其上盘附近形成密集的园形小孔洞, 沥青质呈水滴状嵌布于沿洞壁生长的水晶簇之间。

3.4 矿石可选性能

经矿石可选性能试验, 该矿石矿物成份简单, 主要回收矿物为闪锌矿和方铅矿, 采用一

般浮选工艺，其选矿工艺流程简单。原矿经一次粗选，二次精选，二次扫选可获锌精矿品位 53.4%，回收率达 90.21%。

4 控矿条件及找矿标志

4.1 控矿条件

4.1.1 地层控矿

从区域矿产分布特征看，铅锌矿均产于灯影组地层中，区域上地层控制铅锌矿产出；从矿体的分布范围、矿体的空间展布特征看，矿体、矿化体均受限于灯影组地层，也具显著的层控特点。地层控制铅锌矿的产出、空间分布范围等。

4.1.2 岩性控矿

矿化受灯影组第三岩性段砾屑白云岩控制。第三岩性段以中厚层状砾屑白云岩为主，间夹薄层状藻白云岩，普遍含沥青等有机质。中上部为富含砾屑白云岩，是本区最主要的铅锌矿赋矿岩层；中下部过渡为中厚层状白云岩。不论从矿区含矿岩层特征对比还是从区域含矿岩层特征对比看，铅锌成矿均产于灯影组第三岩性段中，特别是砾屑白云岩对成矿控制十分明显，表现为砾屑白云岩限制了矿化分布范围。

4.1.3 构造控矿

矿区位于汉南古陆隆起带，自灯影组盖层发育。基底穹隆构造的核部为基底火山杂岩系，翼部为灯影组含矿岩系，受基底隆起的影响，往往在穹隆轴部及近轴翼部的灯影组含矿岩层中产生断裂及裂隙系统，成为热水循环的通道和矿质充填就位的场所。

4.1.4 基底控矿

从已有矿床点的分布规律来看，铅锌矿主要分布于出露基底边部或隐伏基底区，马元地区铅锌矿表现更为突出。尽管出露基底与矿床的内在联系尚不清楚，但其空间位置方面的密切联系这一地质事实已毋庸置疑，因此，基底边部可供地质找矿参考。

4.2 找矿标志

(1) 地层标志：灯影组地层是扬子地台北缘重要的铅锌含矿层位。灯影组地层可作为扬子地台北缘寻找铅锌矿的地层标志。

(2) 岩性标志：灯影组第三岩性段中厚层状砾屑白云岩，特别是富含砾屑和沥青等有机质的岩层，是最主要的铅锌矿赋矿岩性，是找寻铅锌矿体的重要标志。

(3) 蚀变及矿物组合标志：砾屑白云岩中的重晶石+沥青的矿物组合，往往与闪锌矿化、方铅矿化、重晶石化密切共生，该矿物组合是寻找铅锌矿的重要标志之一；仅发育沥青、或仅发育重晶石，则闪锌矿（方铅矿）矿化较弱或无明显矿化，但可作为进一步寻找铅锌矿的线索。

(4) 构造标志：在穹隆翼部的灯影组砾屑白云岩中的北东—南西向顺层断裂为主要容矿构造；在东矿带中发育于砾屑白云岩中的近南北向断裂带为赋矿有利地段，这些构造角砾岩带是寻找铅锌矿的标志之一；垂向（垂直于岩层）北东—南西向断裂，为次要容矿构造，可作为找矿线索。

(5) 物探特征：沿灯影组赋矿层位开展的 1:1 万电法测量，反映矿化角砾岩带有明显

的高极化率高电阻率电性特点。沿南矿带的浦家沟—香树坪一带圈出8条明显的与含矿角砾岩带相吻合的激电异常。除1个异常为由砂岩、砂砾岩(Z_2dn^1)引起的非矿异常外,其余均为矿致异常,其中楠木树和九岭子两异常规模较大,峰值高,分别与楠木树矿段和九岭子矿段相吻合。高极化率和低电阻率的地球物理异常组合,是寻找隐伏铅锌矿的重要标志。若与地表含矿层位、矿化与蚀变结合,深部找矿效果更好。

(6) 化探特征:1:5万水系沉积物测量在区内圈出了成带分布的Pb、Zn、Co、Cu等多元素综合异常8个。异常规模大、强度高,浓度分带明显。单个异常面积 $2\sim 18\text{ km}^2$,Zn元素平均值 $110\times 10^{-6}\sim 290\times 10^{-6}$,离差 $70\sim 390$,多具外、中、内三级浓度分带。异常主体均与灯影组地层吻合。

5 找矿方向

上扬子地台震旦系铅锌矿(图5)绝大部分产于灯影组,陡山沱组(观音崖组)、列古六组、开建桥组、苏雄组等也有铅锌矿床(点)分布。

在扬子地块北缘区域成矿地质条件的基础上,结合控矿地质因素、矿化富集规律等矿床地质特征,主要依据控矿区域构造、控矿地层、地球化学异常、矿床及矿化点的分布进行找矿方向的预测,共预测出南郑马元、云河—庙坝、宁强阳平关—宽川铺—勉县阜川、司上一镇巴、镇坪等多个找矿远景区。

(1) 南郑碑坝—马元铅锌找矿远景区:位于南郑碑坝—马元一带,区域构造位置为碑坝隆起周缘,灯影组地层大面积出露,赋矿岩性层位砾屑白云岩发育,控矿地层、赋矿岩性等成矿条件极为有利;灯影组地层区有带状展布的铅锌异常(1:5万水系沉积, $Zn>80\times 10^{-6}$)分布,且异常区分布区有多处铅锌矿床点,地球化学背景有利成矿;现已有数10处铅锌矿床(点)产出。楠木树铅锌矿已探明为一大型铅锌矿床,大型铅锌矿床的发现和矿床(点)的集中出现,表明该区具有很好的资源潜力,是找矿的重点区段,具形成超大型铅锌矿或大型铅锌矿集区的潜力。我们按南矿带、东矿带和北矿带分别预测。南矿带5个矿段可预测铅锌资源量500万t。东矿带2个矿段可预测铅锌资源量150万t。总之,马元地区铅锌矿可预测铅锌资源量650万t。

(2) 汉南古陆西缘云河—庙坝铅锌矿找矿远景区:该带位于汉南古陆西南边缘,大致呈近南东向沿汉南花岗岩体的西侧展布,带长大于50 km,宽500~3000 m,出露地层为震旦系灯影组地层,岩性有藻屑白云岩、条带状白云岩。已发现矿点两处,矿(化)体出露部位有一定规模的化探异常。在云河杨寺沟地表发现矿化角砾岩带长大于3000 m,宽5~60 m,已发现铅锌矿体2条,长分别为360 m和120 m,平均厚分别为6.5 m和3.2 m,平均锌品位1%~5%,平均铅品位3%~8%。该带向南经庙坝延到四川的盐井,基本控矿条件和碑坝—马元铅锌矿矿区类似,有形成大型铅锌矿的条件。

(3) 宁强阳平关—宽川铺—勉县阜川铅锌找矿远景区:位于宁强阳平关—宽川铺至勉县阜川一带,有利成矿的地层—灯影组地层断续出露,成矿地层条件较为有利;该区位于隐伏基底区分布区,是铅锌矿产出的可能地段;成矿环境和地质背景与南郑碑坝—马元铅锌矿

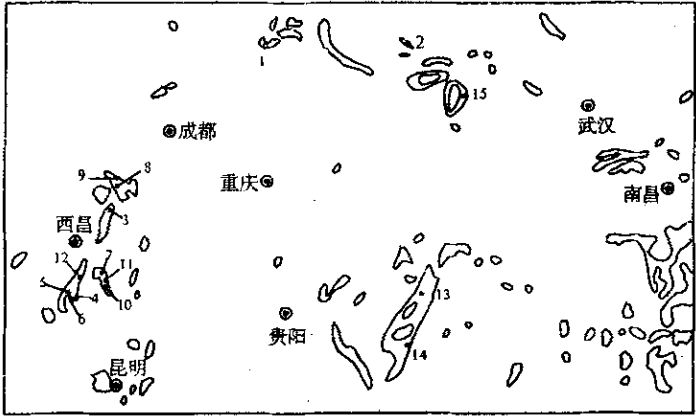


图 5 上扬子地台震旦系及代表性铅锌矿床（点）分布图

Fig. 5 Distributions of representative lead-zinc deposits (occurrences) and the Sinian System in the upper Yangtze platform

1. 南郑马元；2. 竹溪朝阳；3. 甘洛赤普（大型）；4. 会东大梁子（大型）；5. 会理天宝山（大型）；6. 会东发窝（大型）；7. 金阳底舒（中型）；8. 汉源唐家（中型）；9. 汉源团宝山（中型）；10. 宁南银厂沟（中型）；11. 雷波罗布坪（中型）；12. 布拖乌依（中型）；13. 湖南董家河（大型）；14. 湖南团河（中型）；15. 湖北兴山白鸡河

相近，类比认为该区是寻找铅锌矿的又一找矿远景区。

（4）司上一镇巴铅锌矿找矿远景区：沿镇巴隆起的司上一镇巴一带展布、呈近南东向，长大于 60 km，宽 300~2000 m，出露地层有震旦系灯影组地层，岩性为藻屑白云岩、条带状白云岩、砾屑白云岩。在构造带中见有地沥青化、重晶石化较强。有铅重砂异常 3 处，重晶石重砂异常 1 处，矿点（铅铜湾）1 处。该带未见前震旦系基底，但古地理恢复表明灯影期这里为一个水下隆起带，其基底岩系推断应属扬子地台北缘火山弧杂岩，所以其应有较好的成矿条件。

（5）镇坪铅锌矿找矿远景区：陕西镇坪地区也分布着灯影组白云岩，在以铅锌为主的化探综合异常内有铅锌矿化存在。

（6）鄂西地区青峰强变形带、神农架断穹西部、黄陵断穹北部及咸丰背斜和长阳走马坪背斜等次级褶皱中。区内铅锌成矿地质条件十分有利，找矿前景良好。竹溪~谷城一带的铅锌矿^[5]发现了朝阳、贵子沟、老公峪等多个铅锌矿床。

[参考文献]

- [1] 杨应选, 柯成熙, 林方成, 等. 康滇地轴东缘铅锌矿床成因及成矿规律 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994, 74~93
- [2] 地矿部地矿司南岭铅锌矿专题组. 南岭地区铅锌矿床成矿规律 [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1985, 34~37, 74~85
- [3] 齐文, 侯满堂, 汪克明, 等. 陕西南郑马元一带发现大型层控型铅锌矿带 [J]. 地质通报, 2004, 23 (11):

1139~1142

- [4] 芮宗瑶, 叶锦华, 张立生, 等. 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床 [J]. 中国地质, 2004, 31 (4): 337~346
- [5] 林长谦, 温礼琴. 湖北竹溪—谷城一带铅锌矿地质特征及找矿方向 [J]. 资源环境与工程, 2005, 19 (2): 76~82

GEOLOGY OF LEAD-ZINC MINERALIZATION IN MAYUAN AREA OF SHAANXI PROVINCE

HOU Man-tang, WANG Dang-guo,
DENG Sheng-bo and YANG Zong-rang

(Geological Survey of Shaanxi Province, Xi'an 710016)

Abstract: In Mayuan area, southeastern margin of the Beiba uplift in the northern Yangtze platform occur lead-zinc mineralized zones, in which the ore zones have a length over 60km and a width ranging between 10 and 200m. The lead-zinc zones in this area are distributed at the south, the east and the north, in which over 40 ore bodies have been delineated. The lead-zinc mineralized zones in the south side have lengths over 20km and width ranging between 20 and 120m; In the east side, mineralized zones are over 30km long and 20 to 200m wide, in which 7 ore bodies have been discovered; In the north side, the length of ore bodies is over 10 km and the width ranging between 10 and 100m. The ore bodies in this area have lengths generally 100- 2, 560m, thickness 0.80 ~ 10.01m, zinc grade ranging between 1.05% and 10.82%, and lead grade 0.55% and 7.54%. The major ore body has a length 2, 560m, thickness ranging between 1.46m and 32.53m, averaging 7.60m, containing zinc 1.45~11.42%, averaging 4.47%. The lead-zinc mineralization occurs mainly in psephitic dolomitic breccia of the Sinian Dengying Formation, which is controlled by stratigraphy and structures. It is estimated that favorable ore prospecting is the areas of Beiba-Mayuan, Yunhe-Miaoba, Yangpingguan-Kuanshuanpu-Fuchuan, Sishang-Zhenba, Zhenping in Shaanxi province, and Zuxi, shennongjia and Huanling in Hubei province.

Key words: lead-zinc mineralization; geological features; controlling of mineralization; prospecting criteria; prospecting guide; Mayuan in Shaanxi