

陕西旬阳地区铅锌矿电性研究

沈鸿雁^{1,2}, 李庆春¹, 王永平³, 薛胜利³

(1 长安大学 地质工程与测绘学院 陕西 西安 710054; 2 西安石油大学 油气资源学院
陕西 西安 710065; 3 陕西省地质调查院 第二物化探调查所, 陕西 西安 710016)

摘要: 采用电法勘探对陕西旬阳地区大黑山、小水河和葫芦沟地区铅锌矿做地质探讨评价, 通过对该地区成矿背景和电性规律研究, 成功探明大黑山 1、2 号矿体产状、走向和规模, 圈定小水河和葫芦沟地区多处有找矿意义的异常, 同时总结出该地区铅锌矿电性突出, 具有“高视电阻率、高视极化率”特征。

关键词: 电法勘探; 铅锌矿; 陕西; 旬阳地区

中图分类号: P631.3; P618.08 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)04-0416-06

Discussions on Electrical Prospecting of Pb-Zn Ores in Xunyang Area, Shaanxi Province

SHEN Hong-yan^{1,2}, LI Qing-chun¹, WANG Yong-ping³, XUE Sheng-li³

(1 School of Geological Engineering and Surveying, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2 School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;

3 No. 2 Geophysical and Geochemical Institute, Shaanxi Bureau of Geological Investigation, Xi'an 710016, Shaanxi, China)

Abstract: According to the result of electrical prospecting, the Pb-Zn ores in Daheishan, Xiaoshuihe and Hulugou in Xunyang region, Shaanxi Province is evaluated. By studying the metallogenic background and electrical anomaly regulations in the region, this paper explores the occurrence, strike and scale of No. 1 and No. 2 ore bodies in Daheishan, and identifies several exploitable ore abnormalities in Xiaoshuihe and Hulugou. At the same time, this paper summarizes the electrical anomaly regulations obviously indicating Pb-Zn ores, which have the characters of high apparent resistivity and high polarizability in this region.

Key words: electrical prospecting; Pb-Zn ores; Shaanxi; Xunyang Area

0 引言

陕西旬阳地区铅锌矿资源丰富, 长期以来沿用传统的方法盲目开采, 既浪费人力物力, 又严重破坏了生态环境, 效果又不太理想。电法勘探是一种比较有效的探矿方法, 能适应多种地质环境, 尤其是在地形复杂、高程落差大的山区, 相对盲目开矿洞及其他同类探矿方法, 具有简便快捷、高效、成本低廉、目的性强、环保等诸多优点。笔者通过用电法勘探对大黑山、小水河和葫芦沟地区铅锌矿进行

评价, 总结了该地区铅锌矿探测的电性规律和探矿经验。

1 地质背景及成矿特征

1.1 地质背景

大黑山、小水河、葫芦沟位于陕西省旬阳地区。该地区属秦巴中高山区, 海拔 400 ~ 1 200 m, 比高 300 ~ 700 m, 地形坡度 25° ~ 40°, 地形等级 4、5, 位于南秦岭印支褶皱带, 镇旬沉积盆地西南边缘。构造线主要呈北西西—近东西向, 大羊山复向斜、旬

收稿日期: 2006-12-28

基金项目: 陕西地质勘查局地质调查项目(200110200029)

作者简介: 沈鸿雁(1979), 男, 云南石林人, 讲师, 博士研究生, 从事地球物理勘探教学与研究。E-mail: S_Hongyan@sohu.com

阳复背斜及南羊山断裂, 麻坪河断裂、棕溪断裂构成了区内主体构造格架(图1)。区内主要出露古生界一套浅、滨海相的细碎屑岩及碳酸岩沉积建造。容矿层位主要为中、下志留统地层, 赋矿岩石以粉砂质千枚岩、含碳绢云千枚岩夹细砂岩条带及绢云片岩为主^[1-9]。

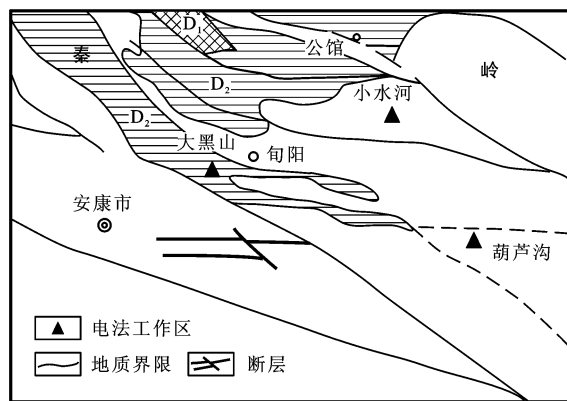


图1 旬阳地区地质构造简图

Fig. 1 Simplified Geological Map of Xunyang Area

旬阳地区铅锌矿主要矿化产于浅变质细碎屑岩中的沉积、改造型铅锌矿和产于碳酸盐岩中的沉积层控型铅锌矿^[2]。主要控矿层位有下志留统梅子垭组(S_{1m})、中志留统双河镇组(S_{2s})及中泥盆统石家沟组(D_{2sh})。各电法工作区地层及岩性由新至老为:

(1) 泥盆系中统石家沟组(D_{2sh})。该组在大黑山出露, 地层岩性为白云岩、灰色中厚层状灰岩、生物灰岩、泥质灰岩、绢云母千枚岩, 分为4个亚段($D_{2sh}^1 \sim D_{2sh}^4$); 小水河工区未出露; 葫芦沟为灰、浅灰色薄至中厚层状灰岩、生物碎屑灰岩、泥晶灰岩与粉砂质千枚岩、绿泥石粉质千枚岩互层, 灰岩局部变质为大理岩或白云岩化; $D_{2sh}^1 \sim D_{2sh}^3$ 是大黑山工区的主要容矿层。

(2) 志留系。该系在大黑山主要岩性为灰绿色、深灰色绢云母千枚岩和薄层透镜状灰岩、硅质板岩; 小水河主要为志留系上统水洞沟组(S_{3s}), 岩性为灰绿色粉砂质绢云千枚岩、灰绿色含铁白云质绢云绿泥千枚岩、局部夹粉砂岩条带。志留系中统双河镇组(S_{2s}), 岩性为粉砂质千枚岩、含碳绢云千枚岩、夹薄、中厚层状粉砂岩及条带, 见较多含铁粉砂岩、砂砾岩及生物碎屑灰岩。志留系下统梅子垭组(S_{1m}), 灰、灰黑色绢云千枚岩、粉砂质绿泥绢云千枚岩夹薄、中厚层状粉砂岩; 葫芦沟主要岩性为

志留系下统梅子垭组(S_{1m}), 主要出露第二岩性段(S_{1m2})的2个亚段 S_{1m2}^1 和 S_{1m2}^2 , S_{1m2}^1 含蛭石、石榴子石绢云母片岩、绢云母石英片岩、含碳绢云千枚岩, S_{1m2}^2 含石榴子石、蛭石绢云母片岩、绢云母石英片岩、局部夹变砂岩薄层、碳质硅质板岩, 薄、中厚层大理岩化灰岩, 该亚段为高家沟铅锌矿主要容矿层。

1.2 岩石特征

区内岩石主要成分为绢云石英片岩、千枚岩、结晶灰岩^[5,9]。

(1) 绢云石英片岩: 主要矿物质量分数石英(52.0%~60.0%)、绢云母(20.0%~40.0%), 含少量黑云母、褐铁矿、绿泥石、黄铁矿、碳质、石榴子石、蛭石等。矿物成份变化大, 随微量矿物的增加, 向含碳绢云石英片岩、含绿泥石石英片岩、含石榴子石、蛭石绢云母石英片岩过渡。

(2) 千枚岩: 主要矿物绢云母质量分数为(80.0%), 其次含少量石英、绿泥石、钠长石和碳质等。该类岩石随石英和碳质含量的增加可渐变为粉砂质千枚岩和含碳千枚岩等。

(3) 结晶灰岩: 主要矿物方解石质量分数为(90.0%以上), 其次为白云石、黄铁矿、磁铁矿等。多变质为大理岩、白云岩、沉积不稳定, 局部为绢云母千枚岩所替代。

1.3 矿(化)体特征

区内矿石主要成分为闪锌矿、次为方铅矿及少量黄铜矿, 浅表局部见白铅矿、菱锌矿等氧化矿^[6,9]。

通过检测黄铁矿(化)、黄铜矿(化)等金属硫化物, 分析研究其与铅锌矿(化)的关系, 可达到间接探测铅锌矿化的目的。因此, 与铅锌矿成因相关的黄铁矿(化)、黄铜矿(化)等金属硫化物的存在, 为间接探测铅锌矿提供了可能条件^[6,9]。

铅锌矿(化)体见于大黑山及小水河。大黑山1号铅锌矿(化)体长约750.0m, 宽0.5~2.25m, 锌质量分数2.05%~9.48%, 铅0.06%; 2号铅锌矿(化)体长约110.0m, 宽约5.94m, 延深约120.0m, 锌质量分数9.64%, 铅1.04%。矿(化)体均产于 D_{2s} 地层生物灰岩及礁灰岩之中^[6,9]。

小水河有K15~K19数个矿(化)体。矿(化)体长300~1200m, 宽0.9~5.28m, 锌质量分数7.04%~21.53%, 铅0.0%~9.53%; 矿(化)体均产于 S_{2s} 地层绢云母千枚岩与所夹砂岩或生物碎

屑灰岩条带之间^[9]。

2 用电法探测岩、矿石电性

2.1 岩(矿)石电性测试装置

本次物性测定工作采用对称小四极法在工区内对野外露头、岩体、矿脉及标本进行测定。对称小四极排列是物性测试法中的一种重要装置形式,其供电电极 AB 和测量电极 MN 均对称于测点布设,探测岩矿石电性方法原理见图 2。观测一次场 ΔU_{MN} 值和电流 I 值,其 O 点视电阻率计算式

$$\rho_s^{AB}=K\frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

（1）

其中

$$K=\pi\frac{AM\cdot AN}{MN}$$

（2）

式中: K 为装置系数。

O 点视极化率计算式

$$\eta_s=\frac{\Delta U_2}{\Delta U_{MN}}\times 100\%$$

（3）

式中: ΔU_2 为断电后某一时刻的二次场电位差。

本次工作物性测定参数 AB 极距范围为 2 0~

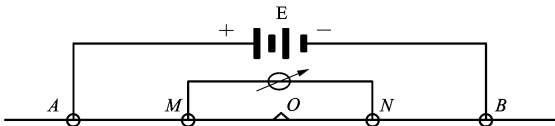


图 2 对称小四极法工作原理

Fig. 2 Work Principle of Symmetric and Four Electrodes with Short Pole Distance

4. 0 m, MN 极距范围为 0.5~1.0 m; 触地极用浸透硫酸铜饱和溶液的脱脂棉压住电极,然后用饱和硫酸铜溶液和出的面团固定。在区内完成电性测点 370 个,电性特征测定结果如表 1。

2.2 岩(矿)石电性特征

从表 1 统计结果可得区内岩(矿)石电性规律:

(1)含矿岩石(含闪锌矿黄铁矿物白云岩化礁灰岩),与其围岩有明显的电性差异,视极化率及视电阻率平均值高,变化范围大, $\bar{\eta}_s=8.63\%$, $\bar{\rho}_s=14\,648.0\,\Omega\cdot\text{m}$;铅锌矿石, $\bar{\eta}_s=33.39\%$, $\bar{\rho}_s=15\,386.1\,\Omega\cdot\text{m}$ 。具有“高极化率,高电阻率”特征,但氧化后的铅锌矿(化)体上极化率及电阻率均较低。

表 1 旬阳地区铅锌矿电性统计

Tab. 1 Statistics of Electrical Property for Pb-Zn Ores in Xunyang Area

岩性	视极化率/%		视电阻率/($\Omega\cdot\text{m}$)		测定数量/处	备注
	变化范围	平均值	变化范围	平均值		
含黄铁矿生物灰岩	2.72~4.52	3.39	525.3~1 802.6	1 022.5	16	露头
含稀疏黄铁矿含生物碎细晶灰岩	0.47~3.44	1.92	1 619.1~3 417.9	2 234.2	10	露头
白云岩化礁灰岩	1.72~2.82	2.18	10 681.2~19 088.3	15 096.5	16	露头
生物礁灰岩	0.51~1.28	0.91	2 282~3 642.4	2 871.8	11	露头
白云岩	0.47~0.55	0.51	4 231.9~15 314.5	9 915.7	8	露头
礁灰岩	0.15~1.15	0.77	572.4~13 943.5	5 303.8	5	露头
生物灰岩	0.47~3.26	1.8	802.3~3 812.9	1 538.6	9	露头
千枚岩	0.17~7.45	4.33	64.1~1 539.38	140.7	106	露头
铁锰碳酸岩	0.64~2.61	1.68	1 360.0~8 108.88	4 985.9	20	露头
含褐铁矿钙质砂岩	0.27~1.67	1.01	683.52~2 263.45	1 287.2	15	露头
含褐铁矿绢云母片岩	1.01~2.12	1.48	1 510.8~2 760.5	2 629.4	12	露头
含蛭石绢云母片岩	1.0~3.46	2.35	2 678.8~2 917.4	2 800.0	12	露头
含石榴子石绢云母片岩	2.3~3.06	2.67	1 636.7~2 195.9	1 923.1	12	露头
绢云母片岩	0.86~3.15	1.76	340.5~792.5	582.5	24	露头
褐铁矿化绢云母化钠长岩	0.29~2.42	1.41	2 127.1~3 533.8	2 959.2	15	露头
硅质岩	0.77~4.22	2.18	1 395.5~4 462.6	2 875.2	12	露头
含闪锌矿黄铁矿物白云岩化礁灰岩	1.67~16.9	8.63	77.6~53 702.3	14 647.7	31	矿体上及矿井中测定
铅锌矿石	14.9~50.6	33.93	2 498.3~36 398.0	15 386.1	18	标本
半氧化铅锌矿(体)	0.99~1.34	1.09	415.55~1 206.8	789.96	18	露头

(2)含黄铁矿生物灰岩有较高的极化率及较低的电阻率, $\bar{\eta}_s=3.39\%$, $\bar{\rho}_s=1\,022\,0\,\Omega\cdot\text{m}$ 。

(3)含碳千枚岩、砂岩互层有较高的极化率及较低的电阻率, $\bar{\eta}_s=7.95\%$, $\bar{\rho}_s=555.67\,\Omega\cdot\text{m}$ 。含碳粉砂质千枚岩极化率、电阻率平均值均较低。

(4)其他各种围岩(非矿化生物灰岩、白云岩、铁锰碳酸岩、含褐铁矿钙质砂岩、含绿泥粉砂质千枚岩等), 极化率平均值均小于2.5%, 构成了区内激电异常的背景。电阻率平均值变化范围大, 千枚岩电阻率最低, 为 $140.7\,\Omega\cdot\text{m}$, 白云岩化礁灰岩电阻率最高, 为 $15\,097.0\,\Omega\cdot\text{m}$, 其他围岩电阻率均在 $1\,000.0\sim 10\,000.0\,\Omega\cdot\text{m}$ 。

由此, 矿(化)体与围岩明显的电性差异为区内应用电法找矿及异常解释推断提供了前提和依据。异常区内除存在黄铁矿化的围岩干扰外, 尚未发现碳质及其他明显的干扰因素。

3 矿化体电性

电法勘探工作采用多种电法勘探装置进行实验和生产性数据采集。由于中间梯度装置敷设一次供电电极就可在相当大的面积内进行测量, 特别能用几台接收机同时在几条线上进行观测, 相对其他电法勘探装置具有较高的生产效率; 另外, 由于工区内山高、路险、荆棘密布、工作环境非常恶劣, 基于此种原因, 研究采用中间梯度装置进行扫面及异常带加密工作, 同时采用了对称四级、联合剖面、充电和电测深等多种装置从多角度, 不同层次对异常带进行产状、走向和规模验证, 同时采用了比较法对视电阻率进行地形改正。

在工区内, 穿过2号矿(化)体的400线进行了供电时间和供电电极距的试验, 其试验供电电极距为360、700 m, 点距为10、20 m, 供电时间为4、8 s试验, 测区内异常研究以激电视极化率和视电阻率异常为主, 因其与矿(化)体或含矿岩石及电导性密切相关。

3.1 试验剖面分析

研究工作参数试验在2号矿区进行, 装置采用中间梯度装置。由图3可见: 供电时间为8.4 s时, 视极化率在2号矿体上的峰值分别为: 3.28%、3.06%, 视电阻率曲线的异常形态基本一致, 差异不大, 为此, 在野外生产中可选用供电时间为4 s进行生产。但在围岩处视极化率和视电阻率有背景场差异, 由图3可知: 点距为20 m时, 2号矿体极化率异

常均出现在梯度带上; 点距为10 m时, 2号矿体视极化率异常和视电阻率均呈现独立异常, 由此可见, 在工作区最佳点距为10 m。另外由图也验证了研究区铅锌矿异常特征为“高极化率, 高电阻率”。

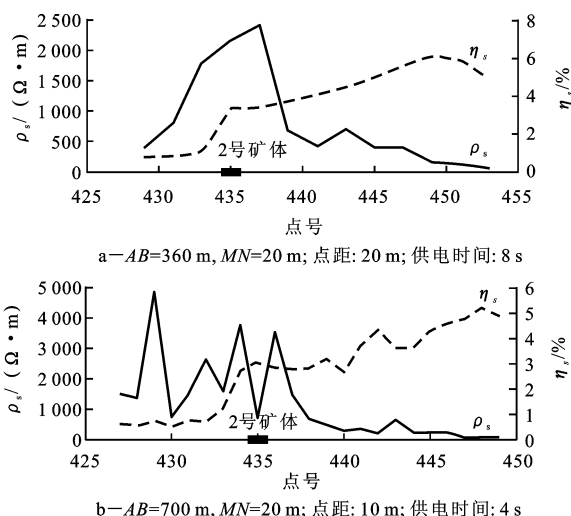


图3 2号矿体试验剖面

Fig. 3 Testing Cross Section of Electrical Property by the Intermediate Gradient Method for No. 2 Ore Body

3.2 1号矿区电性分析

为弄清研究区铅锌矿电性规律, 现以1号矿区作为特例来进行分析。

该区内出现3个规模不等、性质不明的异常。平面上视极化率和视电阻率异常点号位于350~400、320~340间, 视极化率为6.5%的等值线长约350.0 m, 宽约40.0 m, 大致呈近东西向分布(380线以东, 视极化率为5.5%的等值线转为近北东走向), 异常北侧等值线较密集, 南侧较疏缓; 与视极化率范围相近的区域内, 视电阻率异常分布均匀、曲线圆滑, 其值为 $3\,000.0\sim 6\,000.0\,\Omega\cdot\text{m}$, 属中偏高值, 与物性测试结果相吻合。异常北侧等值线较疏缓, 南侧较密集, 参照物性测试和参数试验结论, 此异常可能成为找矿目的区域。另外点号在360~400、300~320间也出现较大视电阻率异常区, 其值为 $6\,000.0\sim 15\,000.0\,\Omega\cdot\text{m}$, 但视极化率较低, 根据物性测试和参数试验结论, 可排除与找矿目的无关。另一异常区域, 异常点号位于360~390、342~347间, 但规模及强度均较小, 视极化率为3.5%的等值线长约180.0 m, 宽约30.0 m, 走向近东西, 推断此异常为找矿靶区(图4.5)。

现在以穿过该异常视极化率为6.0%的等值线中部的380线的各种装置采集的数据来分析1号

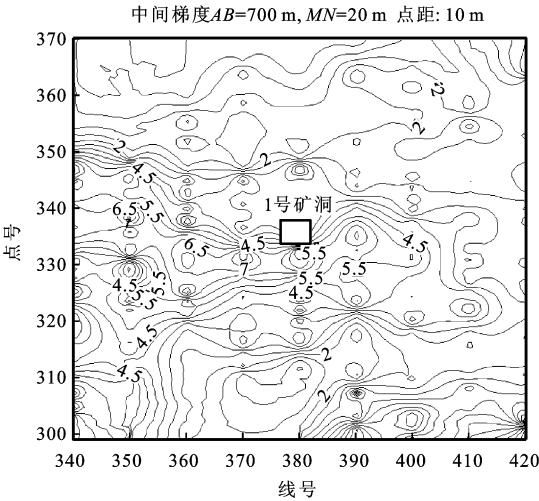


图 4 1 号矿区视极化率等值线图
Fig. 4 Chorogram of Apparent Polarizability for No. 1 Mining Area

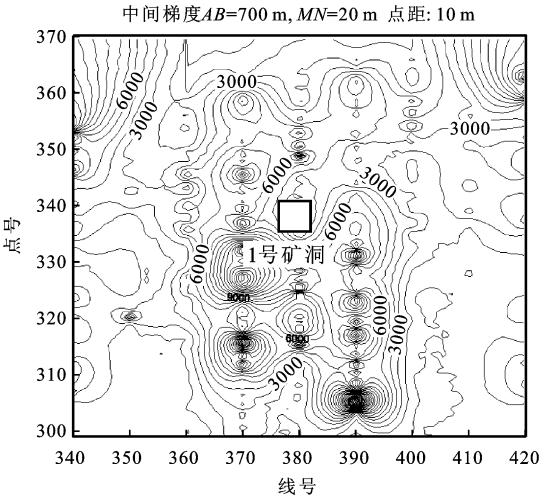


图 5 1 号矿区视电阻率等值线图
Fig. 5 Chorogram of Apparent Resistivity for No. 1 Mining Area

矿区的电性关系:

(1)中间梯度装置剖面显示,有二处异常区域,点号 325~335 异常明显,靠近 1 号矿体(335 点),中梯剖面上 331 点 $\eta_{\max} = 8.2\%$, $\rho_{\max} = 6100 \Omega \cdot m$ 。视极化率和视电阻率曲线两翼都基本对称,但略显北陡南缓;点号 345~350 异常规模小,该异常中梯装置峰值位于 348 点, $\eta_{\max} = 4.79\%$, 南支较缓,与异常 1 的高背景相接,北支梯度较陡,与 $\eta_b = 2.0\%$ 背景场相连。该异常除了规模小,强度弱外,其他异常特征均与异常 1 相似(图 6)。

(2)对称四极装置剖面也显示同样的区域位置,出现了两异常,其特点是“高视极化率,高视电

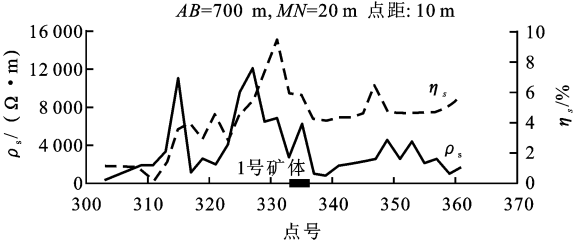


图 6 1 号矿体中梯装置剖面
Fig. 6 Cross Section of Electrical Property by Intermediate Gradient Method Device for No. 1 Ore Body
阻率”,两异常极值中心点分别也是 331 点和 348 点(图 7)。

(3)联剖剖面显示两异常中心都有明显的视极化率异常联测反交点。反交点分别对应于 330 点和 344 点稍偏南位置,反交点两侧联剖曲线所圈面积基本相等。 η_s^A 与 η_s^B 曲线极值连线基本水平,略向南倾(图 8)。

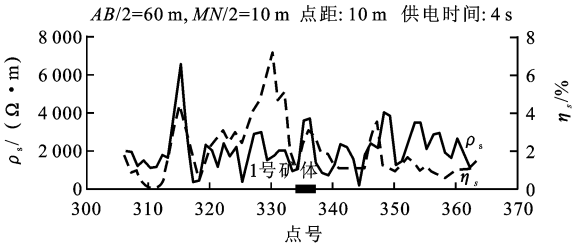


图 7 1 号矿体对称四极装置剖面
Fig. 7 Fig. 8 Cross Section of Electrical Property by Symmetric and Four Electrodes Device for No. 1 Ore Body

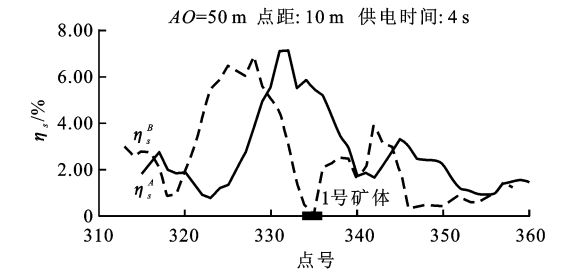


图 8 1 号矿体联合剖面装置视极化率剖面
Fig. 8 Apparent Polarizability Cross Section by Composition Profile Device for No. 1 Ore Body

(4)联剖剖面显示两异常中心也都有明显的视电阻率异常联测正交点,反交点号分别对应于 331 和 346 稍偏北位置,反交点两侧联剖曲线所圈面积基本相等。 η_s^A 与 η_s^B 曲线极值连线基本水平,略向南倾(图 9)。

(5)充电法在异常中心(点号 332、345)有明显的电位梯度异常(图 10)。

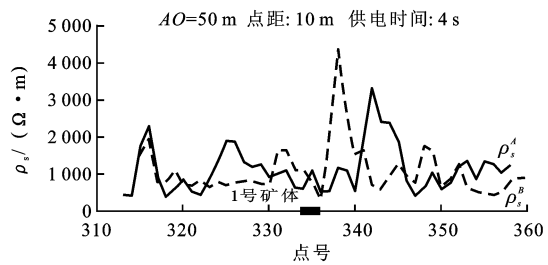


图 9 1 号矿体联合剖面装置视电阻率剖面
Fig. 9 Apparent Resistivity by Composite Profile Device for No. 1 Ore Body

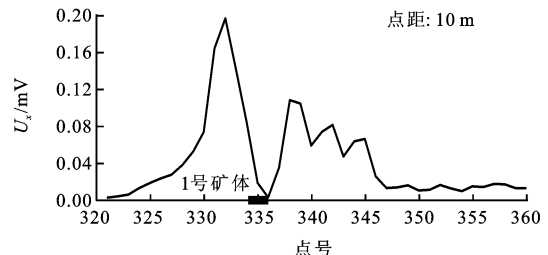


图 10 1 号矿体充电剖面
Fig. 10 Cross-Section of Electrical Property by Charge Method for No. 1 Ore Body

由上述图件分析可知,多种装置的视极化率和视电阻率异常中心基本重合,两者异常峰值相伴出现,参考物性测定结果,视极化率一般均小于 30%,不足以引起 80%的异常。这充分说明该矿区具有找矿意义异常,异常主体分别位于已知 1 号矿(化)体南部和北部泥盆系中统石家沟组地层上。异常的特征表明系由隐伏极化体所引起,380 线联剖曲线交点说明极化体顶部投影在 330、345 点附近,极化体产状较陡,略向南倾,极化体走向近东西,有一定的规模,并且 300 点附近异常规模比 345 点附近大。由于地表岩石不足以引起该强度的异常,异常又位于已知矿(化)体附近及容矿地层中,其特征与矿点上异常相似,电性与物性试验结论相符合,该异常与地表发现的矿(化)体相对应,因此可定性为矿异常。

4 结语

(1)旬阳地区铅锌矿主要产于浅变质细碎屑岩中的沉积、改造型铅锌矿和碳酸盐岩中的沉积层控型铅锌矿,控矿层位有下志留统梅子垭组,中志留统双河镇组及中泥盆统石家沟组。

(2)该区矿石的主要成分为闪锌矿、次为方铅矿及少量黄铜矿。通过检测黄铁矿(化)、黄铜矿(化)等金属硫化物,分析研究其与铅锌矿(化)的关系,可达到间接探测铅锌矿化的目的。

(3)区内铅锌矿电性主要成“高视电阻率、高视极化率”特征。

(4)用电法探矿,具有电性突出、效果明显等特点,能克服其他同类探矿方法的许多不足。

参考文献:

[1] 彭大明. 秦岭地区铅锌矿成矿浅析[J]. 地质找矿论丛, 1998, 13(4): 61-71.
[2] 彭大明. 秦岭一大巴山地区金属矿产成矿规律[J]. 矿产与地质, 1997, 11(3): 158-165.
[3] 宋小文, 侯满堂, 陈如意. 陕西省矿床成矿系列的初步划分[J]. 陕西地质, 2003, 21(3): 1-18.
[4] 王瑞廷. 秦岭造山带泥盆系(陕西段)主要金矿床地球物理地球化学异常特征及找矿标志[J]. 物探与化探, 1999, 23(1): 14-20.
[5] 史光德, 刘新会, 张永文. 镇旬盆地金矿地质特征及找矿方向[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(3): 10-14.
[6] 沈鸿雁, 王永平, 王东燕. 旬北大黑山铅锌矿电性及地质背景研究[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(1): 126-129.
[7] 杨志华, 姜常义, 赵太平, 等. 论秦岭造山带的成矿作用[J]. 西安工程学院学报, 1999, 21(4): 36-45.
[8] 朱广彬, 刘国范, 姚新年. 东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(1): 44-52.
[9] 王永平. 陕西旬北地区铅锌矿评价电法勘查成果报告[R]. 西安: 陕西省地质调查院, 2004.