文章编号: 1009-6248(2010)02-0058-07

CSAMT 和 IP 法在凤县老厂铅锌矿区的应用效果

刘建利1,徐新学2,郭虎生1,屈挺1,张泉1

 (1. 陕西省地质矿产勘查开发局物化探队,陕西西安 710043; 2. 天津华北地质勘查 局华勘矿业公司、天津 300170)

摘 要:通过在已知矿体上的物探方法试验,论述了CSAMT、SIP、TDIP 3 种方法的物探异常特征和 找矿效果,分析了TDIP 法因地形影响因素带来的异常空间错位。SIP 和TDIP 法可较为准确的确定激 电异常的平面位置,消除地形影响因素。结合视时间常数和视频率相关系数的异常特征反映,能有效地 区分矿异常与非矿异常。CSAMT 法能清晰地反映出激电异常和其围岩的电阻率特性。研究成果表明, 本区矿致异常特征为低电阻率、高充电率、大时间常数、低频率相关系数。3 种方法相结合,可准确判 定异常体的位置、深度、倾向。多种参数相互佐证,可降有效降低多解性,为下一步地质工程提供可靠 的资料依据。

关键词: 凤县老厂; 铅锌矿; CSAMT; SIP; TDIP; 地形影响; 异常特征; V8电法工作站 中图分类号: P631 文献标识码: A

老厂铅锌矿区位于北秦岭凤县河口镇老厂村 小石沟、董家沟、大石沟一带,海拔标高一般在900 ~1500 m。目前,小石沟已探明矿体有两个。20世 纪60 年代至今,矿区地质勘探工作一直在断续进 行,发现了龙王沟硐铅锌矿点(李引劳等,2008), 陕西省地矿局第三地质队在该区开展了地质普查工 作,进行了1 1万地质草测、激电、磁法和土壤测 量,通过坑、钻探工程,控制了KT1和KT2两条隐 伏铅锌矿体。2008 年,陕西省物化探队应用综合物 探手段,在矿区及其外围进行了1 5000激电中梯、 可控源音频大地电磁测深、频谱激电测深等新方法 的试验和勘探工作,对研究该区成矿模型、提供勘 探重点靶区具有一定的指导意义。 区域位于北秦岭加里东褶皱带纸房-永丰褶皱 束中(李引劳等,2008)。区域地层属华北地层大区 秦祁昆地层区之祁连-北秦岭分区,主要出露地层 为下元古界秦岭岩群、下古生界奥陶系草滩沟群和 石炭系草凉驿组。其中,奥陶系草滩沟群为区域铅 锌铜矿含矿地层;区域侵入岩隶属宝鸡岩基,主体 呈岩基状分布于区域北部,呈岩株状出露于秦岭岩 群和草滩沟群中,岩性以中、酸性为主,时代分属 加里东期、印支—华力西期和燕山期。

矿区主要出露奥陶系张家庄组海相火山-沉积 岩组合,其为一套细碧-石英角斑岩系,表现为一宽 缓的鼻状背斜构造,核部小石沟口显示古火山颈相 特征。矿区北部唐藏超单元雷家院单元细粒石英闪 长岩体分布广泛。

矿区的宽缓鼻状背斜构造 (李引劳等, 2008), 其轴向沿老厂河呈北北西向,两翼地层倾角较缓。两

1.1 地质概况

1

基本概况

收稿日期: 2009-12-24; 修回日期: 2010-03-02

基金项目: 陕西省地质矿产勘查开发局 2008 年地质勘查及科研专项基金项目。

作者简介:刘建利 (1972-),男,陕西凤翔人,1997 年毕业于长春地质学院,物探工程师,现主要从事地球物理应用及研 究工作。E-mail: WT D-Liu Jian Li@ 163.com 翼地层中发育北北西向次火山岩脉,东翼红山梁— 松林沟铁矿体多呈北北西向。矿区受区域变形变质 作用的影响,石英角斑质凝灰岩、含砾石英角斑质 凝灰岩及火山角砾岩等细火山碎屑岩片理化较强, 局部形成片理化带。在片理化矿化带中,伴有矿质 的活化富集,并沿片理面充填形成脉状、条带状或 浸染状矿体。

目前认为本矿床属细碧角斑岩建造中的黄铁矿 型多金属硫化物矿床 (李引劳等, 2008)。含矿岩系 属海相细碧-石英角斑岩建造,火山岩分异显著,富 含钠质。矿体主要赋存在细火山碎屑岩中,整合产 出。围岩蚀变发育,并具分带现象。矿石矿物组合、 结构构造等也与黄铁矿型多金属硫化物矿床相似。

1.2 矿体特征

通过钻、硐探工程验证,已圈出隐伏KT1铅锌 矿体和KT2贫锌矿体。KT1和KT2矿体均未出露 地表,矿体呈不规则透镜状,主体分布于4—15勘探 线间。KT1 矿体位于7—15 勘探线间,总体向北西 缓倾,主体产状330 15°~30°,现工程控制长110 m,水平厚度6.0~35.4 m,Pb Zn 平均品位3.27%, 有开发利用价值,为矿区主要铅锌矿体;KT2 矿体 位于0-4勘探线间,延伸150m,厚1.3~18.0 m, 矿体产状300~340 20°35°,以锌为主,平均Zn 品位1.71%,为贫锌矿体。矿区KT1和KT2 矿体地 质勘查工作仍在进行中。

1.3 岩(矿)石电性特征

本区赋矿围岩以石英角斑质凝灰岩为主,次为 石英角斑质熔凝灰岩、石英角斑岩及石英钠长斑岩。 表1显示,铅锌矿石电阻率平均值为208 Q·m,极 化率平均值 38.22%;纯铅锌矿石电阻率平均值为 243 Q·m,极化率平均值 34.90%。赋矿围岩电阻率 平均值在4 147~7 350 Q·m 之间,极化率平均值 在 0.74%~2.0%之间。铅锌矿石相对赋矿围岩 具有明显的低阻高极化电性特征。含火山角砾铅锌

表1 凤县老厂区及外围岩(矿)石电性参数测定统计表

Tab.1	Rock and a	mineral	elect ronic	parameters of	Laochar	ng mining area	 Fengxian. 	Shaanxi
			0 - 0 - 0 0				,	

	电阻率/ 9	Ω·m		
石(切) 石名称	变化范围	平均值	变化范围	平均值
石英钠长斑岩	3 210 ~ 6 800	4 739	0. 74 ~ 8. 89	2.00
细碧岩	1 348 ~ 25 167	13 621	0.36~15.35	4.79
石英角斑岩	3 443 ~ 16 558	8 546	0.44 ~ 1.11	0.77
石英脉	70 409 ~ 130 523	100 916	0.63~0.85	0.71
熔凝灰岩	3 546 ~ 4 887	4 147	0. 53 ~ 0. 98	0.74
硅质岩	40 697 ~ 68 854	54 276	1.18~1.80	1.58
火山角砾岩	2 086 ~ 17 760	8 720	2.74 ~ 10.30	5.25
黄铁矿化细碧岩	4 189 ~ 6 726	4 928	5. 33 ~ 6. 88	7.25
含火山角砾铅锌矿化石英角斑质熔凝灰岩	1 224 ~ 1 668	1 446	1.71 ~ 17.36	9.54
铅锌矿化凝灰岩	53 ~ 270	162	18. 32 ~ 20. 29	19.31
构造蚀变岩	4 753 ~ 15 276	8 107	1. 83 ~ 3. 24	2.54
石英角斑质凝灰岩	1 241 ~ 14 581	7 350	0.67~1.90	1.19
石英闪长岩	1 574 ~ 6 685	3 945	0.75~1.32	1.04
铜铅锌矿化熔凝灰岩	233 ~ 11 916	4 030	5. 17 ~ 26. 20	21.17
石英脉矿石	1 511 ~ 5 551	2 709	15.71 ~ 22.99	19.37
铅锌矿化火山角砾岩	1 791 ~ 12 343	4 853	9.90~17.37	14.16
铅锌矿石 (纯)	78 ~ 381	243	28. 11 ~ 42. 45	34.90
铅锌矿石	20 ~ 837	208	22. 41 ~ 55. 23	38.22
黄铜矿化石英角斑质凝灰岩	244 ~ 4 784	1 645	30. 47 ~ 37. 44	33.32
蚀变岩 (原岩为细碧岩)	2 915 ~ 17 072	11 091	0.89~12.91	7.68
杏仁状含磁铁矿细碧岩	8 395 ~ 29 410	9 308	1. 88 ~ 12. 55	6.98

注: 据陕西省地质调查院 2008 年实测。

矿化石英角斑质熔凝灰岩、铅锌矿化凝灰岩、铜铅 锌矿化熔凝灰岩、铅锌矿化火山角砾岩、黄铜矿化 石英角斑质凝灰岩等。矿化岩石电阻率平均值在162 ~4853 Ω·m,极化率平均值在9.54% ~33.32%, 相对赋矿围岩也表现出较为明显的低阻高极化电性 特征,但其低阻高极化特征没有铅锌矿石 明显。

本区铅锌矿石、铜铅锌矿化岩石相对赋矿围岩 具有明显的低阻高极化特征,区内未发现碳质层。这 种明显的电性差异,是本区的主要电性异常源。这 就为利用电法寻找新的隐伏矿(化)体提供了物性 前提。

2 方法技术

激电中梯 (T DIP) 一线供电三线观测, 旁测距 50 m, 点距20 m, 供电极距 A B= 1 200 m、测量极 距 MN = 20 m、供电时间 T = 4 s, 供电电流5~6 A。 采用TXU-30型V 8 专用30 kW 大功率发送机和DJS 接收机。

频谱激电测深 (SIP) 采用偶极- 偶极测深装 置,供电极AB= 40 m,测量极MN= 40 m,隔离系 数*a*= 1~9,整排列滚动测量。观测频率范围为0.03 125~256 Hz,观测频点27 个,每个测点观测时间40 min。采用V8 多功能电法工作站。

可控源音频大地电磁测深 (CSAMT) 场源AB 间距2 km, 收发距r= 6~12 km, 测量电极MN=40 m, 点距20 m。观测电场Ex 分量和磁场Hy 分量, 频 率范围为11.333~8 192 Hz。采用V8 多功能电法工 作站,发射功率30 kw,发射电流4~15 A。

3 方法试验

3.1 激电中梯异常特征

11 勘探线激电中梯 (TDIP) 视充电率、视电阻 率曲线显示 (图1-E, 图1-F), 矿体上方视充电率具 有明显的高极化异常, 视充电率最大值为3.2%。视 电阻率异常为高阻背景上的局部相对低阻异常, 视 电阻率约为2 100 Ω·m。矿体上方激电异常显示为 "低阻高极化特征", 且和已知矿体对应关系较好, 视 充电率异常峰值向矿体反倾向方向略有位移, 位移 距约为12m。

3.2 CSAMT 异常特征

11 勘探线CSAMT 二维反演视电阻率断面(图 1-G)显示, ZK11-1 钻孔控制的已知矿体在CSAMT 断面图上反映为低阻特征。低阻异常中心视电阻率 为158 Ω·m,低阻异常的位置和矿体对应。在已知 矿体下方也存在一低阻异常,位置在230—220 点之 间,标高1450 m,异常中心视电阻率为158 Ω·m, 和已知矿体有相似的电阻率特征。断面右段208 号 点标高1480~1580 m 处也出现了一个低阻异常, 异常中心视电阻率为158 Ω·m。

3.3 SIP 异常特征

11 勘探线频谱激电(SIP)视充电率断面(图1-B,图1-C,图1-D)出现了3个异常:11-1号异常位于224—240号点标高1550m处,异常中心视充电率为9%,表现为大时间常数,频率相关系数从高到低梯度变化,其右上部异常中心和ZK11-1钻孔控制的已知矿体位置对应;11-2号异常位于226—232点标高1450m处,异常中心视充电率为9%,表现为大时间常数、低频率相关系数;11-3号异常位于202—214点标高1390~1510m处,异常中心视充电率为10%,表现为小时间常数、小频率相关系数。

3.4 方法试验效果分析

由11 勘探线物探综合剖面图可以看出(图1), CSAMT、T DIP 和 SIP 各参数所反映的异常空间位 置对应,有较好的套合关系:11-1 号异常右上部反 映出了已知矿体的空间位置,其异常特征表现为低 电阻率、高充电率、大时间常数、频率相关系数从 高到低梯度变化的电性特征;11-2 号异常表现为低 电阻率、高充电率、大时间常数、低频率相关系数, 其异常特征和11-1 号异常相比仅是频率相关系数 不同;11-3 号异常表现为高充电率、小时间常数、低 频率相关系数、中高电阻率特征,和11-1 号异常相 比电性特征差异较大。

激电中梯视充电率异常峰值向矿体反倾向方向 略有位移,位移距约为12m。通过综合剖面对比发 现是地形影响因素所致。11勘探线地表为从大号点 向小号点逐渐降低的斜坡地形,若考虑地形因素,激 电中梯视充电率异常峰值的位置正好和KT1的位 置对应,如图1-A所示。

激电中梯和CSAMT、SIP 断面对比发现, 激电

中梯220—230 号点视充电率上部陡立部分反映深 度较浅, 应是228 号点已知矿体的电性反映。其下部 宽缓部分反映的深度较深, 应是228 号点已知矿体 深部 11-2 号异常处低阻高极化体的电性反映。11-3 号异常处激电中梯视充电率无异常显示。 11-1 号异常反映的是 KT1 已知矿体的电性特



图1 11勘探线物探综合剖面图

Fig. 1 Integrated results of geophysical prospecting for Line 11
1. 含砾石英角斑岩、凝灰熔岩: 2. 石英角斑岩: 3. 细碧玢岩; 4. 钻井及编号; 5. 矿体; 6. 石英角斑岩、熔凝灰岩; 7. 石英角斑质凝灰岩; 8. 腐植土及残坡积物; 9. SIP 视充电率异常; 10. 推断矿体

征, 11-2 号异常和11-1 号异常特征相似, 视充电率、 视电阻率和视时间常数异常幅值相当, 仅是频率相 关系数有所不同。11-2 号异常, 位于已知矿体深部, 岩性以蚀变石英角斑质凝灰岩为主, 地质成矿部位 有利, 推断认为是深部低阻高极化矿(化)体引起 的矿致异常, 该异常后来经钻孔验证, 已知矿体下

方135 m 处见到方铅矿团斑、175 m 处局部见黄铁 矿化。11-3 号异常处 T DIP 视充电率无异常, CSAMT 电阻率特征也不是很有利。

3种物探方法均很好地反映出了KT1已知矿体 的空间位置和异常特征,矿体异常特征为"高充电 率、大时间常数、低频率相关系数、低电阻率",在 已知矿体深部发现了与已知矿体电性特征相似的矿 致异常,后经打钻验证见到方铅矿团斑。这些结果 表明,3种物探方法在已知矿体上取得了较好的试 验效果,在矿区外围利用这3种物探方法组合,能够 寻找和已知矿体电性特征相似的新的隐伏矿体。

4 勘探实例分析

图2为矿区外围34勘探线物探综合剖面图。频

谱激电(SIP)视充电率断面图出现了3个高值异常(图2-B),34-1号异常位于220—226号点标高1520m,异常中心视充电率为10.8%、8.9%;34-2号异常位于232—244号点标高1530~1670m,异常中心视充电率为20.0%、13.6%;34-3号异常位于244—250号点标高1470~1520m,异常中心视充电率为18.0%,其下方标高1520m处还有一个未封闭的异常。3个异常的视时间常数均不同程度的表现为大时间常数。



图2 34勘探线物探综合剖面图

Fig. 2 Integrated results of geophysical prospecting for Line 34
1. 石英角斑岩; 2. 石英角斑岩、熔凝灰岩; 3. 磁铁矿化; 4. 赤铁矿化; 5. 褐铁矿化; 6. 黄铁矿化;
7. 岩性界面; 8. SIP 视充电率异常; 9. 推断矿体

综合分析34 线各物探参数异常, 34-2 号异常处于CSAMT 视电阻率断面的低阻区 (图2-G), 表现出明显的高充电率、大时间常数、低频率相关系数、低电阻率特征, 地表出露为石英角斑岩, 局部见黄铁矿化,和11 勘探线KT1 矿体有相似的电性特征, 推断认为是矿致异常。34-1 和34-3 号异常规模较小, 处于CSAMT 视电阻率断面的高低阻变化梯带上, 其异常特征为高充电率、中等时间常数、低频率相关系数, 应作为下一步地质工作的重点异常。

TDIP 视充电率曲线显示了2 个高值异常(图2-E),似乎反映了深部两个高极化体的存在。若考虑 地形因素,如图2-A 的TDIP 视充电率(带地形)异 常曲线,TDIP 视充电率在230 和248 点出现的2 个 高充电率异常实质上反映的是同一个高极化体,即 反映的是 SIP 视充电率 34-2 号异常处的高极化体。 这一高极化体对应于 CSAMT 视电阻率断面的低阻 区、为低阻高极化特征。

5 结论

矿区激电中梯、频谱激电测深、可控源音频大 地电磁测深等3种勘探方法试验结果与已知矿体相 吻合,所推断的矿致异常经打钻得到了验证。矿区 外围勘探实例分析表明,在本区利用这3种物探方 法来寻找低阻高极化异常的矿体是行之有效的。通 过多种物探参数相互佐证分析,可以为下一步地质 工程提供重要物探依据。

本区矿体引起的物探异常特征表现为"一高一 大两低",即高充电率、大时间常数、低频率相关系 数、低电阻率,可以此特征作为解释推断依据和新 的找矿思路,在矿区及其外围寻找和已知矿体电性 特征相似的新的隐伏矿体。

激电中梯视充电率异常地形因素所引起的空间 错位特征,在解释异常时应充分考虑。

参考文献 (References):

- 石昆法.可控源音频大地电磁法理论与应用[M].北京:科 学出版社,1999.
- Shi Kunfa. The theory and application of controlled source

audio-frequency electromagnetic [M] . Science Publishing House, Beijing, 1999.

- 王家映. 我国大地电磁测深研究新进展[J]. 地球物理学报, 1997, 40 (増刊): 206-216.
- Wang Jiaying. New development of magnetotellric sounding in China [J]. Chinese Journal of Geophysics, 1977, 40 (suppl): 206-216.
- 罗洪发. 被动源高频大地电磁系统的应用[J]. 地质与勘探, 2002, 38, (6): 50-54.
- Luo Honfa. Applying of passive source high frequency electromagnetic method [J] . Geology and Prospecting, 2002, (38), (6): 50-54.
- 罗延中,何展翔.可控源音频大地电磁法的静态效应校正 [J].物探与化探,1991,15(3):196-202.
- Luo Yanzhong, He Zhanxiang et al. The correction of static effects in sonicfrequency telluric electromagnetic method of controllable source[J]. Geophysical and Geochemical Expropriation, 1991, 15 (3) 196-202.
- 阎述,陈明生.频率域电磁测深的静态偏移及校正方法[J].石油地球物理勘探,1996,31,(2):97-102.
- Yan Shu, Chen Mingsheng et al. Static offset and correction in frequency domain electromagnetic sounding [J]. Oil Geophysical Prospecting, 1996, 31 (2): 97-102.
- 王若,王妙月.可控源音频大地电磁数据的反演方法 [J]. 地球物理学新进展,2003,18,(2):61-63.
- Wang Ruo, Wang Miaoyue. Inversion method of controlled source audio-frequency magnetotelluric data [J]. Progress in Geophysics, 2003, 18 (2): 61-63.
- 胡建德. 电法勘探中的数学模型 [J]. 数学的实践与认识, 2004, 34, (2): 67-72.
- Hu Jiande-Mathematical models in electromagnetic survy [J] .Mathematic in Practice and Theory, 2004, 34 (2): 67-72.
- 王若, 王妙月, 卢元林. 高山峡谷区CSAMT 观测系统研究 [J]. 地球物理学新进展, 2004, 19, (1): 51-54.
- Wang Ruo, Wang Miaoyue, Lu Yuanlin.CSAMT observation system study in high mountain and steep gorge area [J]. Progress in geophysics2004, 19 (1): 51-54.
- 于昌明.CSAMT 方法在寻找隐伏金矿中的应用 [J].地球 物理学报, 1998, 41, (1): 39-43.
- Yu Changming. The application of CSAM T method in looking for hidden gold mine [J] . Chinese Journal of Geophysics, 1998, 41 (1): 39-43.

Application of CSAMT and IP Methods in Laochang Lead-zinc Ore Mining Area of Fengxian-County

LIU Jian-li¹, XU Xin-xue², GUO Hu-sheng¹, QU Ting¹, ZHANG Quan¹

 $(1. \ Team \ f \ Geophysical \ and \ Geochemical \ Exp \ loration, \ Bureau \ of \ Geology \ and \ Mineral$

Resources Exploration and Development of Shaanxi, Xi'an 710043, Shaanxi, China;

2. Mining Investment Limited Liability CO. of Tianjin North China

Geological Exploration Bureau, Tianj in 300170, China)

Abstract: Based on experiments on some known ore bodies, we discuss the anomalous features and oreprospecting effect of the methods of CSAMT, SIP, and TDIP, and analyze the spatial dislocation resulted from landform factor in using the TDIP method. SIP and TDIP can accurately determine location of anomalies on surface and can eliminate the negative effect of landform. CSAMT can give a clear boundary of difference resistivity for wall rock. The result shows that the Anomalous features in this mining area is low resistivity, high chargeability, long time constant, and low frequency correlation coefficient. We can analyze position, depth, tendency for abnormal bodies based on these four parameters and provide reliable geologic data for the next step.

Key words: Fengxian-laochang; lead-zincores; CSAMT; SIP; TDIP; topographic influence; anomalous features; V8

高效液相色谱仪 LC-20A

高效液相色谱仪LC-20A 是西安地质调查中心实验测试中心于 2009 年引进的。高效液相色谱仪主要有 进样系统、输液系统、分离系统、检测系统和数据处理系统组成。流动相被高压泵打入系统,样品溶液经 进样器进入流动相,被流动相载入色谱柱(固定相)内,由于样品溶液中的各组分在两相中具有不同的分 配系数,在两相中作相对运动时,经过反复多次的吸附—解吸的分配过程,各组分在移动速度上产生较大 的差别,被分离成单个组分依次从柱内流出,通过检测器时,样品浓度被转换成电信号传送到记录仪,数 据以图谱形式打印出来。高效液相色谱仪配有紫外检测器(UV)、荧光检测器(RF)、示差折光检测器 (RID)以及105 位自动进样器。仪器型号:高效液相色谱仪LC-20A (日本岛津 SHIM ADZU 公司)。特点: LC-20A 是一款高压、快速液相色谱产品,拥有封闭的进样系统,避免了分析样品与环境的污染,高灵敏度 检测器,能够满足痕量分析、快速分析的要求。最低检出限达10⁻⁹级。应用范围:目前广泛应用于生物科技、 食品卫生等领域。主要应用于水体、土壤以及农产品中多环芳烃类[(萘、苊、二氢苊、芴、菲、蒽、荧 蔥、芘、苯并(a) 蒽、苯并(a) 芘、苯并(b) 荧蒽、苯并(K) 荧蒽、茚并(1, 2, 3) 芘、二苯并(a, h) 蒽、苯并(g,h,i) 等)];酚类(五氯酚、2,4-二氯酚、2,4,6-三氯酚、间甲酚、苯酚、对硝基 酚等)有机污染物的微量、痕量分析检测。

(西安地质调查中心 赵江华)