第 26 卷 第 3 期
2011 年 9 月:328-336

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 26 No. 3
Sep. 2011:328-336

西藏冈底斯成矿带斯弄多铅锌矿区激电异常特征及找矿意义

许远平[1,2],杨秀梅[3],孙晓轩[4],叶万顺[5]

(1. 成都理工大学 地球科学学院,成都 610059;2. 四川省冶金地质勘查局 水文工程大队,成都 611730;
3. 云南省地质技术信息中心,昆明 650051;4. 四川省冶金地质勘查局 606 大队,成都 611730;
5. 四川省冶金地质勘查局 605 大队,四川 彭山 610501)

摘 要: 斯弄多铅锌矿区位于冈底斯—念青唐古拉板块的隆格尔—工布江达弧背断隆带南缘的铅锌多金属成矿带内。通过激电测量工作,在矿区获得 12 个异常。经过评价解释,筛选出具有找矿价值的异常 5 个,其中南部地区 2 个、北部地区 3 个。南部地区的异常有 JD1 号异常,包含 5 个异常高值区,JD1-3 为已知矿化异常。根据异常特征和成矿地质条件,将 JD1 号异常划分了 3 个远景区:Ⅰ号远景区由 JD1-1 号异常构成,Ⅱ号远景区由 JD1-2 号、JD4 号异常和 KHT1 号、KHT2 号矿化体组成,Ⅲ号远景区由 JD1-3 构成,Ⅲ号远景区可作为下步工作的重点地段。

关键词: 斯弄多铜锌矿;激电异常;异常评价与解释;西藏

中图分类号: P631.3;P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)03-0328-09

0 引言

通过对西藏自治区谢通门县的斯弄多地区的地质填图和水系沉积物测量工作,发现了多条铅锌矿化蚀变带,并在其中圈定出 10 个铅锌矿化体。

为进一步探测一定深度范围内铅锌矿化存在的可能性和评价矿区的成矿前景,采用直流激电中梯、直流激电测深方法探测深部极化体引起的异常信息。在工作中,利用电性参数视极化率(η_s)和视电阻率(ρ_s)特征划分铅锌矿化富集带,在成矿有利地段选择具有找矿意义的电法异常进行工程验证。首先采用时域激电中间梯度装置开展面积测量,然后在激电异常区的有利部位布设直流激电测深装置,以确定激电异常源及推测矿化体的空间形态[1]。通过矿区物探激电异常工作的开展和对异常的评价解释,进一步缩小了找矿靶区,将南部矿区的Ⅲ号远景区作为下步勘查工作的重点地段。

1 矿区地质概况

斯弄多铅锌矿区位于冈底斯—念青唐古拉板块(Ⅰ)冈底斯陆缘火山—岩浆弧(Ⅱ)的隆格尔—工布江达弧背断隆带南缘,属于谢通门县铅锌矿成矿带北缘的斯弄多铅锌矿成矿亚带[2]。

矿区出露地层简单,仅见有石炭系昂杰组(C_2a)和第三系年波组(E_2n)。年波组为一套深海—半深海相中酸性火山岩、火山碎屑岩建造,其岩性为中酸性火山碎屑岩、沉火山碎屑岩、凝灰质沉积岩及少量中酸性角砾凝灰熔岩和角砾凝灰岩;昂杰组主要为碳酸盐岩建造,岩性主要为白云质灰岩、白云岩,呈 EW 向展布,产状一般 145°~210°∠45°~75°,矿区内发现的蚀变带及铅锌矿(化)体均产于其中。

区内断裂发育,近 EW 向、SN 向、NE 向及 NW 向断裂组成复杂的构造格局。主要有近 EW 向构造蚀变破碎带和他自拉—郭拉—堪珠乡逆断层、雪别—志藏平移断层、嘎莫金鸡普起日及雪别逆冲推

收稿日期: 2011-07-15; **改回日期:** 2011-08-12

基金项目: 中国地质调查局地质保障工程项目"冈底斯成矿带成矿规律研究"(资[2010]02029)资助。

作者简介: 许远平(1963-),男,四川成都人,高级工程师,博士研究生,1990 年毕业于成都地质学院(现成都理工大学),现成都理工大学攻读博士学位,主要从事地质矿产勘查与研究。通信地址:四川省成都市郫县郫桐镇一里东街 249 号;邮政编码:611730;E-mail:xyping403@163.com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

覆断层,以及派生的 NE 向、NW 向断裂;后期有近 SN 向的断裂构造带,对前期形成的构造和矿体起着破坏和改造作用。矿区主要构造线与区域构造一致,呈 EW 向展布。以 F_1 断裂(他自拉—郭拉—堪珠乡断裂)为界将矿区分为南、北两部分,南部为古生代地层分布区,北部为始新世火山岩分布区(图 1)。南部广泛发育碳酸盐岩地层,包括有 15 条构造蚀变破碎带,且普遍具铅锌矿化;北部发现有 5 条规模较大的构造蚀变破碎带,局部可见磁铁矿化、钼矿化。在破碎带内可见褐(黄)铁矿化、黄铜矿化、硅化、孔雀石化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化、高岭土化等矿化蚀变,有的破碎带中构造角砾发育。

区内岩浆岩分布较广,受区域构造控制,呈近 EW 向分布在北部地区。主要为始新世年波组(E_2n)流纹岩、角砾凝灰熔岩、凝灰岩。同期的次火山岩有流纹斑岩($\lambda\pi$)、闪长玢岩脉和细晶花岗斑岩体。

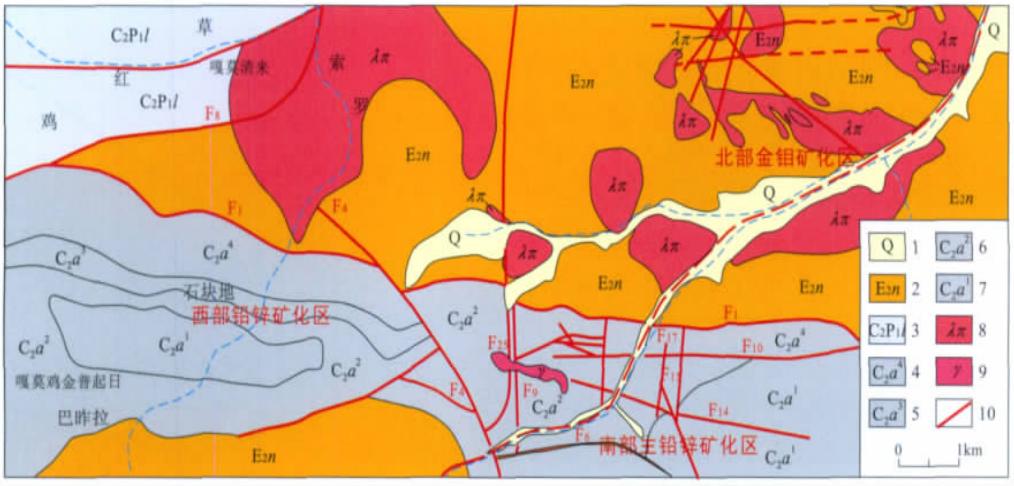

图 1　斯弄多铅锌矿区地质略图

Fig. 1　Geological sketch of Sinongduo Pb—Zn ore area

1. 砾石、沙土等 2. 年波组:流纹岩 3. 上石炭—下二叠统拉嘎组:含砾板岩、变质石英砂岩、灰岩等 4. 石炭系昂杰组四段:白云岩、灰岩、砾岩 5. 石炭系昂杰组三段:白云岩 6. 石炭系昂杰组二段:白云岩、灰岩 7. 石炭系昂杰组一段:绢云板岩、石英砂岩 8. 流纹斑岩 9. 花岗岩 10. 实测及推测断裂及其编号

2　激电测量及异常特征

本文仅以南部铅锌矿化区为例,阐述激电测量及异常特征。

2.1　电性特征

通过对矿区南部测区所采集的 154 件岩(矿)石标本和 5 种较为典型的地质体露头电性参数测试,电性参数结果(表 1)显示出矿区的地球物理物性参数具有以下特征:

(1)极化率:块状方铅矿、高品位氧化矿具有非常明显的高极化率特征,低品位氧化矿仅具偏高的激发极化效应,且具变化范围大的特征;而灰岩或白云岩(碳酸盐岩)、砾岩、闪长玢岩等非目标地质体则不具激化效应或激化极其微弱,且视极化率总体都在低极化率范围,变化范围相对较小。由此可见,由于区内没有发现含碳地质体,视极化率可以区分铅锌矿(或金属硫化物)与其他地质体。

(2)视电阻率:块状方铅矿、高品位氧化矿具有明显的低阻特征,而本区的砾岩具有显著的低阻特征;闪长玢岩、低品位氧化矿在本区具高阻特征,而主要的含矿围岩碳酸盐岩却是典型的高阻体。

(3)通过供电、测试参数实验曲线可以看出:由于各种地质体的供电、测试参数性能差异,在工作中完全可以通过供电周期、延时时间、取样宽度等参数的选择,较为明显地区分各种地质体。选择 200 ms 可以排除部分氧化矿石和围岩形成的视极化率干扰,而基本保留目标地质体形成的视极化率异常信号;由于次要或非目标地质体的视极化率随供电周期的变化影响较小,而主要目标地质体随供电周期的变化视极化率急剧上升,因而选用 16 s 的供电周期既可以提高工效,又能获得较高强度的视极化率,突出异常。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 斯弄多铅锌多金属矿区岩矿石电性参数统计表

Table 1 Electrical parameter statistics of rock and ore in Sinongduo Pb-Zn ore area

岩性	样本件数	视极化率 η_s/%		视电阻率 ρ_s/Ω·m	
		变化范围	平均值 X	变化范围	平均值 X
高品位氧化矿	18	7.75～67.31	27.22	0.18～421.24	86.15
低品位氧化矿	20	0.12～23.28	2.18	16.79～10451.44	1324.1
灰岩	28	0.10～2.70	0.86	9.48～2358.54	1569.32
角砾岩	24	0.14～2.37	0.82	1.27～786.27	140.36
块状方铅矿	15	38.81～67.04	54.85	7.40～430947	17.85
闪长玢岩	49	0.07～5.95	1.29	3.21～11877.43	505.4

由表 1 可知，块状方铅矿、高品位氧化矿具有非常明显的低阻高极化特征，低品位氧化矿具有高阻高极化特征；砾岩具有低阻低极化特点，而碳酸盐岩、闪长玢岩均为高阻低极化体。根据这些参数特征，完全可以有效地区分激电异常的地质意义[3]。通过供电、测试参数的选择，可以做到压抑非目标地质体形成的视极化率异常干扰，凸显目标地质体引起的视极化率异常，从而在各种复杂的异常场中分辨金属硫化物引起的异常和其他干扰异常。

2.2 方法试验与参数选取

在工作前选择坑道或露头矿化较好地段进行较为系统的方法试验，内容包括：供电周期、延时时间、取样宽度、供电和测试电极极距，其效果见图 2—图 7。

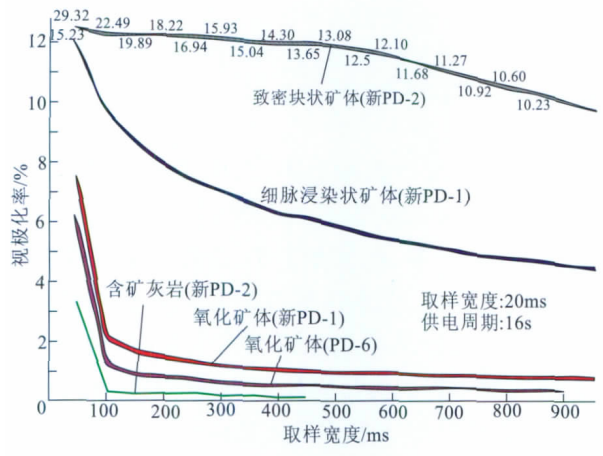

图 2 斯弄多矿区时域激电延时时间试验曲线

Fig. 2 Test curve of IP time lag of time domain of Sinongduo Pb-Zn ore area

(1)对称四极对露头的供电参数试验结果表明，随着延时时间的增长，无论矿体、矿化体、围岩视极化率衰减都较快，特别是氧化矿体、含矿围岩在 100 ms 就衰减 80%以上，在 200 ms 趋于稳定，而表现出无极化或低极化效应，而脉状、浸染状矿体和致密块状矿体均具有变化相对缓慢的特征，在 500 ms 后

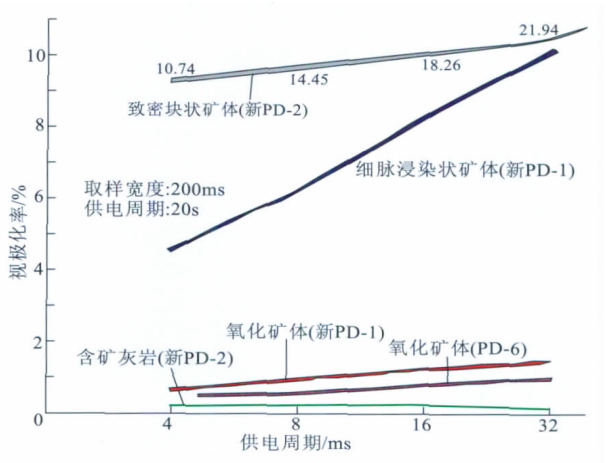

图 3 斯弄多矿区时域激电供电周期试验曲线

Fig. 3 Test curve of IP supply cycle of time domain of Sinongduo Pb-Zn ore area

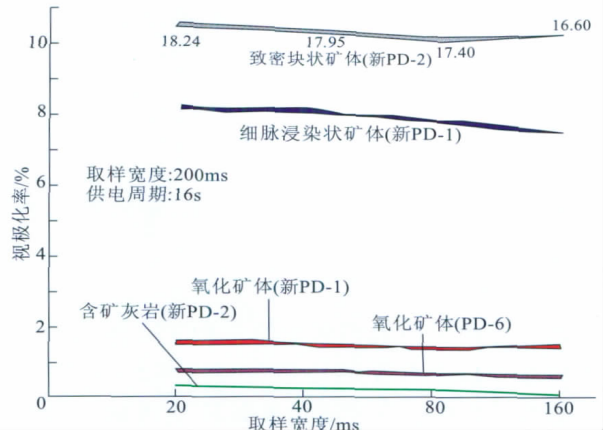

图 4 斯弄多矿区时域激电取样宽度试验曲线

Fig. 4 Test curve of IP sampling width of time domain of Sinongduo Pb-Zn ore area

仍有较高的视极化率。从总体来看，要获得较高的视极化率，同时要使我们感兴趣的地质体与其他地质体之间有较为明显的视极化率差异，选择较长的延时时间是可行的。本次工作选择延时时

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

间为 200 ms。

(2)取样宽度随时间的延长视极化率缓慢衰减,不同地质体的视极化率虽然存在很大差异,但在各取样宽度时间上差异比例变化不大,因此选择 20 ms 作为取样宽度。

(3)供电周期对获得视极化率的影响较大;随着供电周期的延长,致密块状矿体和细脉浸染状矿体的视极化率较其他地质体视极化率增长显著,氧化矿增长缓慢,而含矿围岩则不因供电周期的变化而发生视极化率的变化。为了获得差异较大的视极化率、突出金属硫化物视极化率异常和提高工效,在本次工作中使用 16 s 作为供电周期。通过 125 线的实际测试对比(图 5),16s 较 8s 供电周期更能够获得较高的视极化率,从而达到突出异常、压抑背景场的效果。

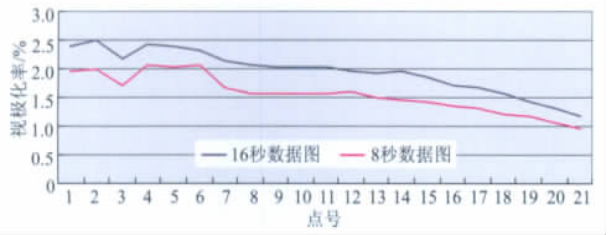

图 5　125 线供电周期 16 s 和 8 s 对比图

Fig. 5　16 second-cycle IP supply vs 8 second-cycle IP supply

(4)*AB* 的不同,测线异常和曲线形态总体相似,但 1 600 m 的供电极距明显较 1 200 m 极距获得的视极化率强度要高,曲线也显平稳,初步分析为大极距激发了深部地质体叠加的结果,*AB* 在一定深度内不影响对隐伏极化体的反映(图 6)。因此,在工作中考虑接地条件使用 1 200 m 和 1 600 m 的供电极距均视为合理,在异常和数据处理时一并使用。图 7 为 *MN* 极距试验曲线,从图中可以看出,*MN*=20 m 时明显无法获得稳定可信的测试参数

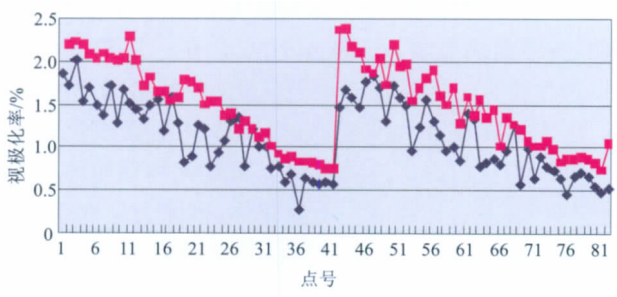

图 6　斯弄多矿区 *AB* 极试验曲线

Fig. 6　*AB* electrode test curve of Sinongduo Pb-Zn ore area

(特别是 *AB* 中部地段),而 *MN*=40 m 和 60 m 时均可获得稳定、一致的测试成果,但在背景场 *MN*=40 m 时获得的视极化率相当于 *MN*=60 m 获得的视极化率,而在异常场 *MN*=40 m 时获得的视极化率明显高于 *MN*=60 m 获得的视极化率。为了获得明显的异常场视极化率,在本次工作中选用 *MN*=40 m。

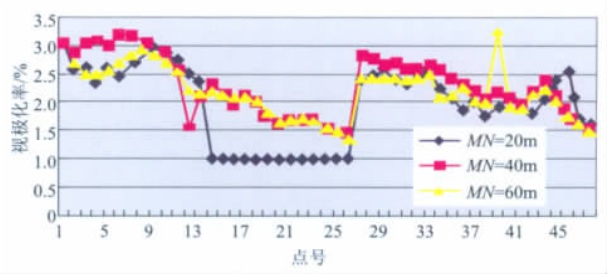

图 7　斯弄多地区激电中梯 *MN* 试验曲线

Fig. 7　IP intermediate gredient *MN* test curve of Sinongduo Pb-Zn ore area

2.3　激电中梯测量

测区测线方位 0°/180°,测网网度 100 m×20 m,采用方法为时间域激发极化法,装置为中间梯度装置。使用仪器为重庆万马物探仪器有限公司生产的 WDFZ-2 型 5 kW 大功率发射机和 WDJS-1 数字直流激电接收机。为保障具有一定的供电电流(本区以获得足够的一次电位和稳定的读数为标准),确保深部地质体能充分激发和具有一定的勘查深度,采用 *AB* 极距为1 200 m和1 600 m,供电前在 *AB* 极充分灌水,以确保接地良好;*AB* 的布置严格按要求保持一定的电极间距、接地深度、电极数量和连接方式。为了避免电磁偶合的干扰,供电线布置在离测线 10 m 以上的空旷地带[2]。

2.4　异常解释评价

通过工作,在南部地区内获得视极化率异常 6 个,除 JD6 号异常外,其他异常均具有较明显的低阻高极化特征(图 8)。

(1)JD1 号异常:异常面积大、连续性好,是南部矿区异常的主体,包括 5 个子异常。

JD1-1 号子异常:异常长超过 1 200 m,宽度>200 m,表现为较规则的长带状,为低阻高极化异常,最高视极化率为 5.53%,包含 3 个异常高值中心,视极化率呈明显的两翼不对称形态,北翼变化梯度大于南翼,推测极化体 S 倾。视电阻率高达数千至数万 Ω·m,低则数百 Ω·m,自然电位在该异常上无异常显示。异常位于第三系年波组和石炭系昂

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

杰组的接合部位，以昂杰组砾岩、灰岩为主，局部为白云岩；异常的北部边缘分布有年波组流纹岩、凝灰岩，异常中心部位沿 F_1 的次级断层产出。视极化率异常的中心部位可能是由 F_1 次级构造中的金属硫化物引起，初步认为极化体 S 倾；推测异常主要由以浸染状或高含量金属硫化物为主的地质体引起，沿 EW 向的 F_1 断层的次级构造分布，该异常具有良好的找矿前景。

JD1-2 号子异常：异常长超过 400 m，宽度＞100 m，为低阻高极化异常，呈椭圆状。视极化率异常明显呈两翼不对称状态，总体是西翼变化梯度大于东翼，最高视极化率为 3.41%，视电阻率普遍在数千 Ω·m，低阻异常与高极化异常吻合很好，两翼变化梯度与视极化率相同。异常中心与断层破碎带交汇部位吻合，推测为 SN 向与 EW 向断层交汇部位的含金属硫化物破碎带引起，极化体 E 倾，倾角较大，具有良好的找矿前景。浅部可能氧化程度较高，或含金属硫化物较少。在地面路线地质工作中，于该带（F_{23} 及附近）近 SN 向异常位置已发现矿化线索。

JD1-3 号子异常：异常总长＞2 300 m，主要异常长＞1 600 m，宽度一般 500 m 左右，不规则长带状，为典型的低阻高极化异常，最高视极化率为 3.71%，视电阻率普遍在数千 Ω·m，自然电位在该异常上无异常显示，通常在 n mV 范围内变化，少数在几十 mV 范围内变化。JD1-3 号子异常为已知的Ⅰ号主矿带引起，除现有矿体外，向南还存在良好的找矿前景。在该异常中，北部低缓异常为现有矿化带所致，推测在现有矿化带的南部为矿区的主要矿化地段，异常的其他段落也为矿致异常，在现有Ⅰ号矿带以南 300 m 范围内都是寻找构造热液型多金属矿的有利部位，金属硫化物的含量更高、规模和连续性更好，但属于隐伏矿化。该异常除受 EW 向构造制约外，还受其他断裂破碎带的影响，因此异常形态复杂多变，西段可能因近 SN 向断层错动造成异常的扭曲形变，在 8′线、11 线附近可能存在 SN 向构造，造成异常错动并限制了现有主矿体往西的延伸；中段也存在断层错动改造现象，对现有主矿体存在一定影响，位置可能在 5 线附近，与近 EW 向构造形成宽大的构造交汇部位，在一定程度上可能对现有 KT1，KT2，KT3 等矿体的富集起到了积极作用，并在交汇部位形成富厚矿；异常东段情况更为复杂，除 EW 向断层形成含金属硫化物破碎带外（如 KT6 号矿体），SN 向断层的改造对成矿影响更大，并在 SN 向断层形成良好的低阻高极化异常，与 JD1-2 一道构成了近 SN 向的含矿构造带。根据地表矿化和异常情况测试了 2 个激电测深点，从测深曲线可知，每个点均具有多层极化现象，其中第一层可能反映了测深点及附近的矿化情况，其深度均为数十米，可能由于矿化特点不同而出现不同的异常特征；在 200 m 左右 2 个点均出现极化异常，推测为现有矿化体南侧隐伏的极化体（矿化体）或深部斜列产出的矿化体（极化体）；2 个测深点分别在 400 m 和 500 m 出现了新的极化异常，这些异常推测为本异常主要的极化体向深部延伸叠加于现有测深点的结果，也可能是深部的斜列产出极化体的反映。总之，该异常的规模大、物性条件好、地质环境有利，除现有矿体外，异常的其他部位也都存在良好的找矿前景，特别是已知矿带的南部和异常的东段为今后找矿的首选地段，但要注意矿体（极化体）的尖灭再现、尖灭侧现和断层的改造作用。

JD1-4 号子异常：异常长 300 m，宽度 60～100 m，为典型的低阻高极化异常。视极化率异常整体上呈两翼不对称状，北翼的梯度变化小于南翼，最高视极化率为 3.11%。视电阻率普遍在数千 Ω·m，低阻范围与视极化率异常范围吻合；自然电位在该异常上无异常显示，通常在 n mV 范围内变化。该异常呈规则的带状展布于昂杰组硅化白云岩中的 F_{11} 和 F_{14} 断层破碎带之间，常见的矿化蚀变有褐铁矿化、黄铁矿化、硅化；推测为沿近 EW 向破碎带产出的金属硫化物所致，具有较好的找矿价值。

JD1-5 号子异常：异常长 100 m，宽度 40～80 m，异常清晰，视极化率最高为 2.72%，视电阻率数千 Ω·m，低阻范围与视极化率异常范围吻合，为典型的低阻高极化异常。自然电位在该异常上无异常显示，通常在 n mV 范围变化，推测不存在碳质影响。异常部位分布有石炭系昂杰组硅化白云岩，异常附近发育近 EW 向和 NE 向的断层破碎带，破碎带中有酸性脉岩侵入，在异常东部边缘有民采坑分布，有一定的矿化线索。在异常的矿化露头位置进行了激电测深工作，测深曲线显示，在 20 m 左右存在一层极化体，根据物性特征可能是现有地表氧化（半氧化）矿所致；第二层极化体在 360 m 左右，表现为高阻高极化现象，很可能为含黄铁矿或浸染状金属硫化物地质体引起；在 960 m 左右还存在一个极化体，推测为金属硫化物所致。JD1-5 号子异常为明显的低阻高极化异常，二者吻合较好，异常形态好，深部具多层极化现象，推测为沿近 EW 向破碎带（F_{14}）上盘产出的金属硫化物所致，具有一定的找矿价值。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

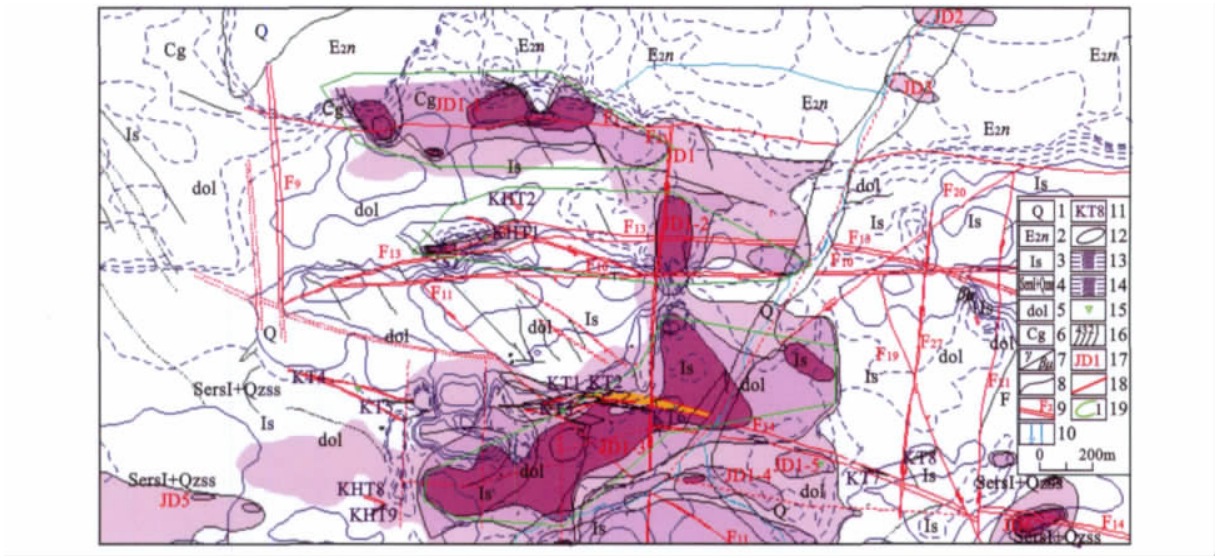

图 8　斯弄多铅锌矿区南部激电异常综合图

Fig. 8　Synhetic map of IP intermediate gredient survey in the south Sinongduo Pb-Zn ore area

1. 第四系:砾石、细砂、覆土 2. 第三系年波组:流纹岩、凝灰岩 3. 石炭系昂杰组:灰岩
4. 石炭系昂杰组:绢云板岩、石英砂岩 5. 石炭系昂杰组:白云岩 6. 石炭系昂杰组:砾岩
7. 酸性、基性岩脉(时代不明) 8. 地质界线 9. 断层、构造破碎带及编号 10. 勘探线及编号
11. 矿体位置及编号 12. 矿化体位置及编号 13. 视电阻率低阻等值线 14. 视电阻率高阻等值线
15. 激电测深点位置 16. 视极化率异常等值线(%) 17. 激电中梯视极化率异常及编号
18. 推测极化体或断层破碎带 19. 预测靶区及编号

(2)JD2 号、JD3 号异常:这 2 个异常呈带状展布于测区北部沟谷地带,均为低阻异常,强度低。异常的主体部分展布于第四系冲洪积物中,两端为第三系年波组,推测无找矿价值。

(3)JD4 号异常:异常长>300 m,宽度 20～60 m,呈规则的长带状,为典型的低阻高极化异常,视极化率最高为 5.00%,视电阻率普遍在数千 Ω·m,低阻范围与视极化率异常范围吻合,也与现有矿化体、破碎带的分布位置吻合;自然电位在该异常上无异常显示,通常在 n mV 范围内变化,少数在几十 mV 范围变化。异常区的岩性为灰岩和白云岩组成的碳酸盐岩互层,由于受破碎带影响,地层破碎、分布凌乱。异常区的地层条件有利、构造发育,矿化蚀变较好;从测深曲线可以看出,共有 2 层极化体产出,第一层在 10 m 处,推测为已知矿化体向深部的延伸部分;另一极化体在 400 m 深处,推测为沿破碎带与已知矿体呈尖灭再现或斜列产出的极化体[4]。

(4)JD5 号异常:异常长>600 m,宽度 100～300 m,为典型的低阻极化异常。视极化率异常为低缓异常,最高视极化率为 2.59%,视电阻率普遍<5 000 Ω·m,低阻范围与视极化率异常范围较为吻合;自然电位在该异常上无异常显示,通常在 n mV 间变化,少数在几十 mV 间变化。异常区分布有为绢云板岩和石英砂岩,地表未找到相关矿化蚀变的线索,推测该异常的低阻特征可能与区内的岩性关系密切。极化率异常可能与板岩、石英砂岩中的黄铁矿化有关,但在异常高值区及附近,由于构造条件有利,也不能排除有较好的找矿前景;此外,推测在该异常轴部可能存在 EW 向破碎带。

(5)JD6 号异常:异常长约 300 m,宽度 200 m 左右,为典型的高阻高极化异常。视极化率异常变化梯度较大,包含 2 个高值中心,视极化率最高为 5.54%,视电阻率普遍为数万 Ω·m;自然电位在该异常上无异常显示,通常在 n mV 间变化,少数在几十 mV 间变化。异常部位有绢云板岩和石英砂岩产出,未找到明显的矿化蚀变线索,但构造条件有利,异常高值区位于区内主矿体所在的 I 号破碎带(F_{14}),推测该异常与沿 EW 向断层破碎带产出的金属硫化物关系密切,但氧化程度可能较高,或金属硫化物呈浸染状产出,具有一定的找矿价值。

2.5　激电异常测深

激电测深工作选择在激电中梯异常和地质条件都较为有利的部位布置. 由于测区接地条件有限,工作时 $AB/2$ 在 600 m 左右至地表采用等距四极(温

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

纳装置)测深查明大致埋深和极化体的分布情况；$AB/2>600$ m 以后采用对称四极测深大致了解深部是否存在极化体及其大致的埋藏深度。从测深曲线(图 9)可知，每个点均具有多层极化现象，其中第一层可能反映了测深点及附近的矿化情况，深度均为几十米，可能由于矿化特点不同而出现不同的异常特征；在 200 m 左右 2 个点均出现极化异常，推测为已知矿化体南侧隐伏的极化(矿化)体或深部斜列产出的矿化(极化)体；2 个测深点分别在 400 m 和 500 m 出现了新的极化异常，推测为本异常主要高值区 N 倾的极化体叠加于现有测深点的结果，或者是深部斜列产出的极化体反映。总之，该异常异常规模大，物性条件好，地质环境非常有利，除现有矿体外，其余异常部位均存在良好找矿前景，特别是现有矿带南部和异常东段地区是今后找矿的首选地段，但要注意矿体(极化体)的尖灭再现、尖灭侧现和断层的改造作用。

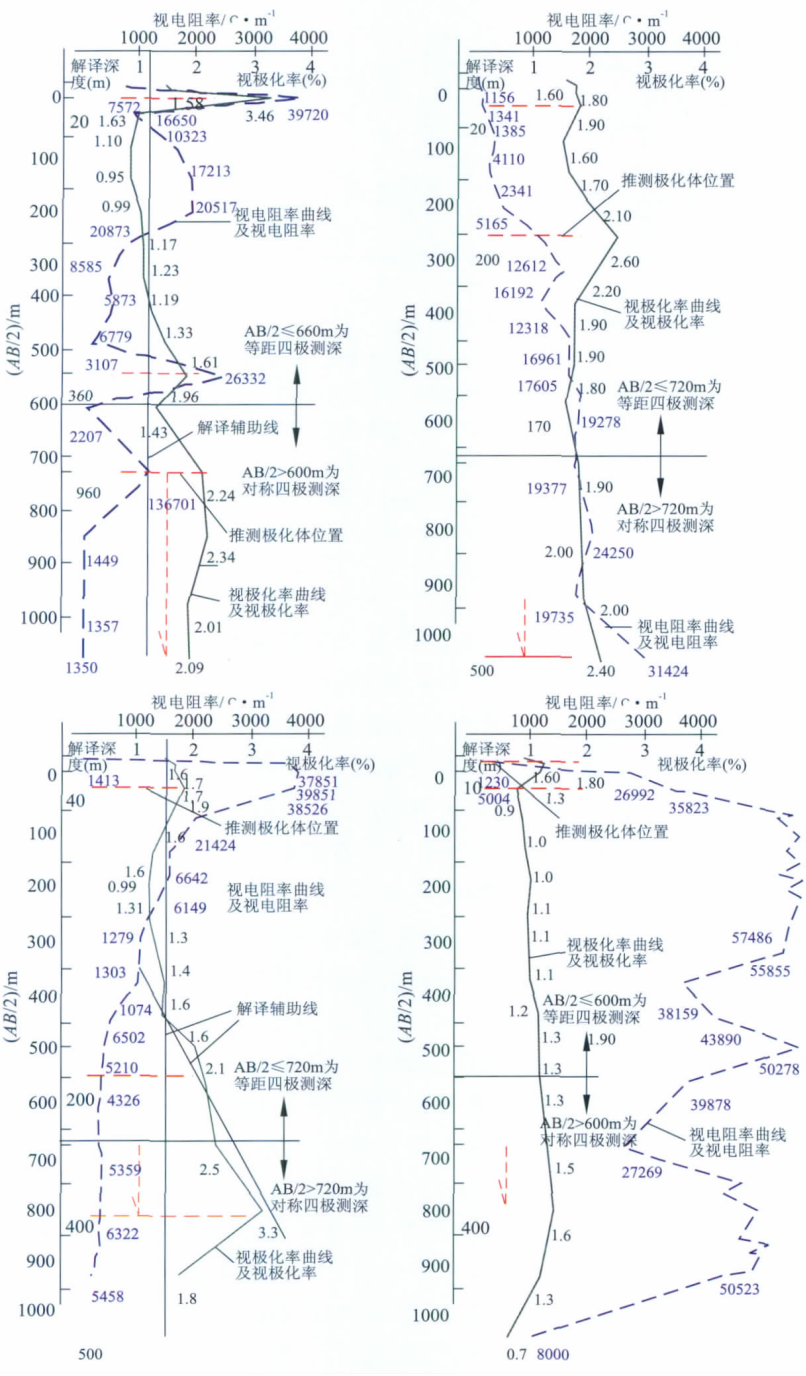

图 9 斯弄多铅锌矿区激电测深曲线图

Fig. 9 IP sounding curve of Sinongduo Pb-Zn ore area

a. 115/112 点激电测深曲线 b. 125/122 点激电测深曲线

c. 129/130 点激电测深曲线 d. 157/125 点激电测深曲线

3 激电异常找矿潜力评价

由于矿区面积较大，根据地层岩性组合的不同、控矿构造特征的变化、矿化类型和矿种的不同，将区内的矿化蚀变分为 3 个区域[5]。即：南部的主要铅锌矿化区，北部的金钼矿化区，西部的铅锌矿化区(图 1)。通过南、北测区物探普查，共获得 12 个异常，南部铅锌主矿区和北部金钼矿化区各 6 个。在南部区 I 号铅锌矿化构造破碎带圈出了具有工业价值的铅锌矿体有 8 个(表 2)，其编号分别为 KT1—KT8。

异常在一定程度上反映了相应的地质现象，它们主要受 EW 向构造控制，辅以其他构造叠加。主要为断裂构造，具有明显的线性特征。物探异常主要为低阻高极化异常，受碳质干扰较小；根据异常特征，在测区深部可能存在隐伏岩体，南部铅锌矿区可能在隐伏岩体周边形成含矿环形构造带或矿化夕卡岩化带[6]；北部金钼矿化区可能在西部深部存在隐伏岩体，并在中部形成岩体前缘异常，具有似斑岩矿化的地球化学分带特征。普查区的找矿工作重点为 JD1，以 JD1-3 为首选地段，其南部地区找矿前景与已知矿化带相当，在 JD1 号异常的东部可能存在 SN 向构造控矿的情况；预查区的 WH1，WH4，WH6 异常可作为下一步工作的首选普查区块，重点工作区为 WH1 号异常。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　主要矿体特征一览表

Table 2　Schedule of characteristics of major ore bodies

矿体编号	矿体特征	矿石特征	蚀变与矿化
KT1	矿体产于白云岩、白云质灰岩的构造破碎带中,出露长约 343 m,厚 1.54～24.45 m,透镜状,具分支复合现象;产状 354°～35°∠57°～85°,舒缓波状,局部反倾	星点状、细脉状、块状构造;金属矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿,硬锰矿,以氧化矿为主;w(Pb)=0.06%～22.03%,平均 4.70%;w(Zn)=0.12%～18.05%,平均 7.05%;矿化不均匀	围岩蚀变为硅化、白云石化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化,以氧化矿石为主(70%);矿化以裂隙充填型为主
KT2	矿体产于白云岩、白云质灰岩的构造破碎带中,断层中有细晶花岗斑岩脉充填,矿体地表断续分布,深部连续,长 550 m,厚 1.29～15.29 m;透镜状,具分支复合现象;产状 350°～15°∠68°～78°,舒缓波状,局部反倾	星点状、细脉状、网脉状构造,金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量黄铜矿、硬锰矿;w(Pb)=0.02%～48.07%,平均 4.13%;w(Zn)=0.10%～17.13%,平均 6.36%;矿化不均匀	在细晶花岗斑岩与白云岩、灰岩接触带形成夕卡岩带,内带宽 2～5 m,外带宽 3～10 m,矿化较好,以氧化矿石为主(70%);围岩蚀变为硅化、白云石化、夕卡岩化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化、矿化以裂隙充填为主,兼有夕卡岩型
KT3	矿体主产于细晶花岗斑岩和白云质灰岩的构造破碎带中。矿体长 415 m,厚度 1.60～29.15 m,平均厚 7.21 m,呈透镜状,舒缓波状产出,局部反倾,产状 350°～160°∠65°～88°	星点状、细脉状、块状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量黄铜矿、硬锰矿;w(Pb)=0.18%～48.07%,平均 5.07%;w(Zn)=0.16%～18.37%,平均 5.06%;矿化不均匀	细晶花岗斑岩与白云岩、灰岩接触带形成夕卡岩化,内带宽 2～5 m,外带宽 3～10 m,矿化较好,以氧化矿石为主(70%);围岩蚀变为硅化、白云石化、夕卡岩化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化
KT4	矿体产于白云岩、白云质灰岩的构造破碎带中,断续见细晶花岗斑岩脉充填,矿体长约 500 m,厚 1.85～3.85 m,平均 2.78 m,透镜状,舒缓波状产出,局部反倾,有分支复合现象;产状 185°∠67°	星点状、细脉状、块状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量黄铜矿、硬锰矿;w(Pb)=0.43%～3.03%,平均 1.25%;w(Zn)=0.14%～5.26%,平均 1.74%	花岗斑岩脉与白云岩、灰岩接触带有少量夕卡岩化,内带宽 1～2 m,外带宽 1～5 m,矿化较弱,以氧化矿为主(>95%),矿化主为裂隙充填型;围岩蚀变为硅化、白云石化、夕卡岩化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化
KT5	矿体赋存于白云岩、白云质灰岩构造破碎带中,矿体长约 160m,厚度 1.55－7.85m,矿体平均厚 4.70m,透镜状,产状 200°∠67－75°,舒缓波状产出	星点状、细脉状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量黄铜矿、硬锰矿;w(Pb)=0.93%～22.31%,平均 8.06%;w(Zn)=0.34%～10.80%,平均 3.01%;矿化不均匀	以氧化矿为主(80%),矿化以裂隙充填型为主;围岩蚀变为硅化、绿泥石化、白云石化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化
KT6	矿体赋存于白云岩的构造破碎带中,长约 100 m,厚度 4 m,呈豆荚状,产状 170°∠63°	细脉状、星点状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿;w(Pb)平均为 4.77%,w(Zn)平均为 6.98%	氧化矿石,矿化以裂隙充填型为主;围岩蚀变为硅化、白云石化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化
KT7	矿体赋存于白云岩构造破碎带中;矿体长 100 m,厚 4 m。呈豆荚状,产状 195°∠67°	星点状、细脉状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿;w(Pb)=0.25%～1.33%,w(Zn)=2.74%～11.36%	氧化矿石,矿化以裂隙充填型为主;围岩蚀变为硅化、白云石化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化
KT8	矿体赋存于白云岩的构造破碎带中,长 100 m,厚 10.21 m,呈豆荚状,产状 165°∠72°	星点状、细脉状、团块状构造;金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、硬锰矿;w(Pb)=0.51%～3.14%,w(Zn)=0.36%～2.37%	氧化矿石;围岩蚀变为硅化、白云石化,伴有黄铁矿化、黄铜矿化、锰矿化

南部测区的 JD1 号异常包含 5 个子异常,JD1-3 为已知矿化异常,其余异常均具较好的找矿意义;根据异常和地质条件划分了 3 个远景区,均为近 EW 走向,其中,Ⅰ号远景区由 JD1-1 号异常构成,Ⅱ号远景区由 JD1-2 号、JD4 号异常和 KHT1、KHT2 号矿化体组成,Ⅲ号远景区由 JD1-3(包含现有Ⅰ矿带的 KT1、KT2、KT3、KT5、KT6 等 5 个矿体和 KHT8、KHT9 等 2 个矿化体)构成,Ⅲ号远景区作为下步勘查工作的重点地段。北部测区的 WH1、WH4、WH6 等 3 个综合异常具有良好的找矿前景,并可作为斯弄多矿区下步工作的普查地段,矿种主要为 Pb,Zn,Ag,结合地球化学异常的特点,推测剥蚀程度较低,以 Pb 和 Ag 为找矿突破口,验证顺序为 WH1→WH4→WH6。

4　结论及建议

(1)从标本和露头电参数测试结果可见,区内矿石、围岩、岩脉之间存在较为明显的视极化率和视电阻率等电性参数差异,说明区内选择时间域激发极化法进行地球物理勘查是恰当的。

(2)通过物探工作,获得的异常可信、形态真实,与矿区已知蚀变矿化地质体的吻合度高,说明工作

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参数的选择合理；经过检查，矿区物探工作质量良好，获得的成果可供利用。

(3)尽管 2 个测区间存在较大的地质、地球物理特征差异，但获得的物探异常均属于以低阻高极化为主，视极化率异常区与区内构造、地质体的走向、分布范围及化探异常一致，物探工作成果能够较为客观地反映矿区的地质、矿化的实际情况。

(4)经过物探测量工作，在矿区的南部和北部都圈定出一批异常，各个异常的地质意义各不相同。结合物探异常和地质条件分析，在 2 个区块都存在以近 EW 向断层为主的破碎带，同时还有 SN 向、NW 向、NE 向的断裂构造；异常多以近 EW 向构造为主，并在与其他方向断裂的交汇部位异常变好，推测近 EW 向构造为主要导矿、控矿构造，而与其他方向构造的交汇部位是成矿的主要空间，矿化体的品质较高。

参考文献：

[1] 雒志锋，李正富，许丽云. 时域激电轴向单极－偶极测深勘查微细浸染型金矿取得成效[J]. 物探化探计算技术，2009，31(3)：202-203.

[2] 黄力军，徐刚峰. 成矿区带深部有色金属矿产资源勘查评价方法技术研究[J]. 地质学报，2006，80(10)：1549-1552.

[3] 杨斌，李立军，李玉芹. 应用综合物化探技术构建林西锡多金属矿成矿模式[J]. 西部探矿工程，2006，11(6)：107-108.

[4] 郑有业，高顺宝，张大权，等. 西藏吉如斑岩铜矿床的发现过程及意义[J]. 矿床地质，2007，26(3)：317-321.

[5] 候增谦，高永丰，孟祥金，等. 西藏冈底斯中新世斑岩铜矿带：埃达克质斑岩成因与构造控制[J]. 岩石学报，2004，20(2)：239-248.

[6] 莫济海，梁华英，喻亨祥，等. 冈底斯斑岩铜矿带冲江及驱龙含矿斑岩体锆石 ELA-ICP-MS 及 SHRIMP 定年对比研究[J]. 大地构造与成矿学，2006，30(4)：504-509.

Character of IP anomaly and the significance to ore exploration in the Gangdisi Pb-Zn ore area, Tibet

XU Yuan-ping, YANG Xiu-mei, SUN Xiao-xuan, YE Wan-shun

(1. *College of Geoscience, Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059, *China*;
2. *Group of hydrological ? engineering in Metallurgical Geological ? Exploration Bureau, Chengdu* 611730, *China*;
3. *Centre of geological information of Yunnan Province, Kunming* 650051, *China*;
4. *Group of* 606 *in Metallurgical and Geological ? Exploration Bureau, Chengdu* 611730, *China*;
5. *Group of* 605 *in Metallurgical and Geological ? Exploration Bureau, Penshan* 610501, *Sichuan, China*)

Abstract: Sinongduo Pb-Zn ore area is geotectonically located in the south margin of Longer-Gongbujiangda back arc uplift belt of Gangdisi-Nianqing Tanggula plate. IP survey delineates 12 anomalies. Five of 12 anomalies are screened out through interpretation and evaluation. Two of the five is in south of the ore area and 3 in the north. They are of significance to ore exploration. Anomaly JD1 in the south includes 5 high abnormal value zones of which JD1-3 anomaly is caused by the known mineralization and others also significant to ore exploration. On basis of the anomaly characteristics and the geological and metallogenic condition 3 prospects are lineated. Prospect I is composed of anomaly JD1-1; prospect II anomaly JD1-2, JD4 and mineralized body KHT1 and KHT2; prospect III anomaly JD1-3. Prospect III is the focus for next exploration that will guide future exploration in the area.

Key Words: Sinongduo lead zinc ore area; IP anomaly; anomalies evaluation and explain; Tibet

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net