

文章编号:1009-3850(2017)04-0099-08

云南保山西邑大型隐伏铅锌矿区季节变化 对大功率激电找矿效果的影响

吴文贤^{1,2}, 曾琴琴², 廖国忠², 艾斯卡尔³, 邓珂²

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 3. 新疆地质矿产勘查开发局地球物理化学探矿大队, 新疆 昌吉 830000)

摘要:随着找矿深度的不断增加,大功率激电在寻找隐伏硫化物金属矿中发挥着重要作用。笔者通过在云南保山西邑大型隐伏铅锌矿床开展时间域大功率激电找矿工作发现,在干旱季节,覆盖层产生高阻屏蔽现象,直接影响激电工作数据质量和找矿效果。本文通过不同时间段大功率激电数据采集结果,结合激发极化方法的理论分析和数值模拟研究,阐明了季节因素对覆盖层接地电阻的影响,进而影响激电找矿效果,并由此提出了合理部署激电勘查工作时间的建议。该研究对提高激电找矿效果具有重要的实际意义。

关键词:西邑隐伏铅锌矿;覆盖层;大功率激电;高阻屏蔽

中图分类号:P631.2

文献标识码:A

引言

激发极化法,简称激电法(induced polarization methods,缩写为IP),是寻找矿产资源的一种有效的地球物理勘探方法^[1-2]。以岩、矿石之间的激发极化效应差异为基础,通过观测与研究人工建立的直流(时间域)或交流(频率域)激电场的分布规律进行找矿和解决地质问题,其广泛应用于水利水电工程、矿产、环境及工程地质等诸多领域^[3-4]。特别是在电阻率与围岩电阻率差异不大的浸染型金属矿勘探中,激发极化法比电阻率法和电磁法更为有效^[5-7]。

随着勘探深度加大,可发现的地表矿越来越

少,直接面临寻找深部隐伏矿体的问题。由于中、小功率激电法勘探深度较小(一般为100~150 m),其应用和找矿效果均受到限制。大功率激电法可以输出较强的功率,压制各种干扰信号,提高信噪比,加大有效勘探深度(200~500 m),因而在金属矿产勘查中,特别是在寻找深部隐伏矿的新一轮找矿中发挥了重要作用^[8-13]。

地表的高阻层阻止电流向地下传播形成高阻屏蔽效应,或地表低阻层吸收电流沿表层分布形成低阻屏蔽效应,均影响电法勘探效果。前人对低阻屏蔽现象研究较多,炭质层、地表过于潮湿均能形成低阻屏蔽层^[14-16]。对激发极化法增加有效勘探深度方面,目前多数研究者把重点放在加大功率、

收稿日期:2017-06-25; **改回日期:**2017-07-30

作者简介:吴文贤(1982-),男,高级工程师,博士研究生,主要从事找矿预测、地质与地球物理解释研究。E-mail: wu1982wenxian@163.com

资助项目:中国地质调查局地调项目《西南三江有色金属资源基地调查》(项目编号 DD20160016)资助

改善接地条件、加大极距等方式上,对地表覆盖层的高阻屏蔽现象研究较少,且主要研究青藏高原冻土层引起的高阻屏蔽现象^[17-21],对云南保山地区覆盖层受季节影响导致高阻屏蔽的认识鲜有报道。本文以云南保山西邑大型隐伏铅锌矿区不同季节开展大功率激电找矿方法试验成果为依据,探讨了覆盖层电阻率受季节影响而发生变化的地区进行大功率激电中梯测量时的关键技术问题 and 应用效果。

1 理论分析

1.1 接地条件分析

在有高阻覆盖层的地表建立电场,由于地表高阻层阻止电流向地下传播,电流将集中于表层,无法传播到地下。通过深部与地表供电电场随深度分布实验曲线表明(图1),在高阻屏蔽层地区,可以通过向深部供电使电场避开表层电阻率变化的影响^[22-25]。

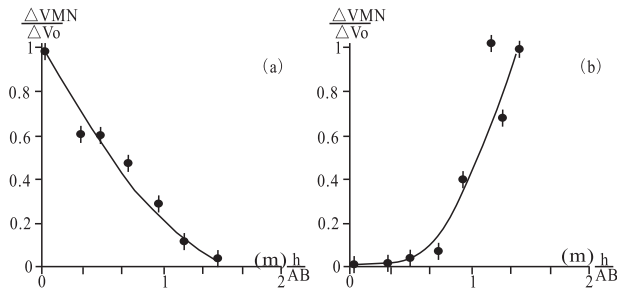


图1 深部供电与地表供电电场随深度分布实验

a. 地表供电无限半空间条件下电场随深度分配实测曲线;b. 深部供电无限全空间条件下电场随深度分配实测曲线

Fig. 1 Curves of the depth distribution experiments under the conditions of the surface power supply (a) and deep-seated power supply (b)

然而,通过深部供电、改善接地条件、降低高阻屏蔽的影响仍存在两个问题:(1)深部供电是在有钻孔或浅井的前提下可以实现,但初期金属矿区勘查工作中少有前期工程条件,且普查工作按照规范网度均匀分布供电导线,用大批量钻孔或浅井工程来布置深部供电较难实现,且不经济;(2)即使改善了深部供电问题,但MN接收电极间仍然存在较高的接地电阻,高阻覆盖层对深部极化体激发的二次电场仍有屏蔽作用,接收电极观测到的二次场电压值仍然较低。

1.2 大功率深部供电方法

供电电流与信噪比有着密切的关系,只要供电电流足够大,就可获得明显可靠的有用信号。当噪声较大时,则要求供电电流也要增大,这样才能保证有较好的信噪比。由视电阻率的计算式 $\rho_s = K \frac{\Delta U}{I}$,

$$I = \frac{K \cdot \Delta U}{\rho_s}$$

$$\Delta U = \frac{\Delta U_2}{\eta_s}$$

$$I = \frac{\Delta U_2 K}{\rho_s \cdot \eta_s} \quad (1.1)$$

式中:I为供电电流,单位为(A); ΔU 为测量电位差,单位为(V); ΔU_2 二次场电位差,单位为(V); ρ_s 为视电阻率,单位为($\Omega \cdot m$); η_s 为视极化率,单位为(%);K为装置系数,单位为(m)。当工作区的干扰较小时,在直流激电法中要求二次场电位差不小于0.5mV。按(1.1)式,这时对供电电流(A)的要求应满足下式

$$I \geq \frac{0.0005 K}{\rho_s \cdot \eta_s} \quad (1.2)$$

可见,供电电极距或K值越大和 ρ_s 、 η_s 越小,则要求供电电流越大。

(1) 中梯装置

对AB中点的测点而言,中梯装置的 $K = \pi \cdot \frac{AM \cdot AN}{MN} \approx \frac{\pi (AB)^2}{4MN}$ 要求

$$I \geq \frac{0.000125 \pi (AB)^2}{\rho_s \cdot \eta_s \cdot MN} \quad (1.3)$$

如取 $AB = 1200m$, $MN = 20m$, 则 $K = 56520m$ 。若 $\eta_s = 4\%$, $\rho_s = 50\Omega \cdot m$, 则由(1.3)式算得供电电流 $I = 14.13 A$ 。因此,若接地电阻 $R_{AB} = 100\Omega$, 则所需供电电压为1413 V, 目前物探装备正常供电电压为500~1000V, 按照饱和供电电压值1000V计算, 需已接近装备的饱和供电电压值;若接地电阻 $R_{AB} = 1000 \Omega$, 则所需供电电压为14130 V, 但目前物探装备很难满足。

(2) 偶极装置

偶极装置的 $K = \pi a n(n+1)(n+2)$, 要求

$$I \geq \frac{0.0005 \pi a n(n+1)(n+2)}{\rho_s \cdot \eta_s} \quad (1.4)$$

如取 $a = 40 m$, $n = 4 m$, 则 $K = 15072 m$, 则由

(1.4)式算得供电电流 $I = 3.76 \text{ A}$ 。因此,如果接地电阻为 $R_{AB} = 100\Omega$,则所需供电电压为 376V ;如果接地电阻 $R_{AB} = 1000\Omega$,则所需供电电压为 3760 V ,目前的科技装备很难达到。可见,前人认为增加供电电压可保证有较好的信噪比,但目前设备供电电压以 $500 \sim 1000\text{V}$ 为主,较难达到几千伏的要求。

2 研究区概况

2.1 地质概况

西邑铅锌矿床位于西南三江成矿带南段保山

地块中北部,是近年来新发现的大型铅锌矿床。西邑矿区内出露地层主要是第四系全新统(Qh),新近系上新统芒棒组(N_2m),三叠系上统南梳坝组(T_3n)、中下统河湾街组(Th),二叠系上统沙子坡组(P_2s)、下统丙麻组(P_1bm)、卧牛寺组(P_1w),石炭系上统丁家寨组(C_2d)、下统铺门前组(C_1p)、香山组(C_1x),泥盆系上统大寨门组(D_3d)、何元寨组(Dh)、下统向阳寺组(D_1x),志留系中上统栗柴坝组(Sl)、仁和桥组(OSr),奥陶系中上统蒲漂组(Op),寒武系上统核桃坪组(ϵ_3h)、保山组(ϵ_3b)。

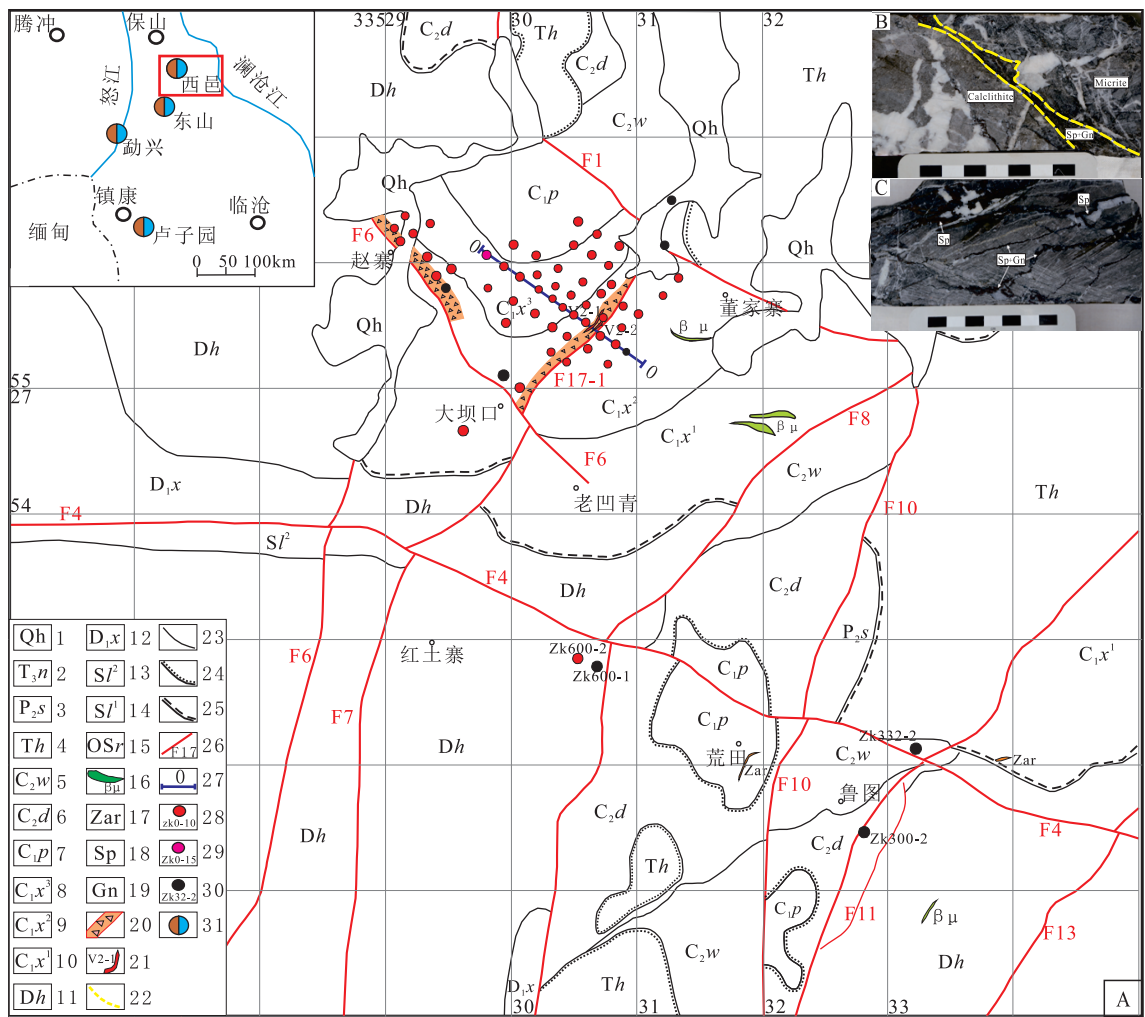


图2 云南保山西邑铅锌矿区地质简图

1. 黏土;2. 南梳坝组粉砂岩;3. 沙子坡组白云质灰岩;4. 河湾街组白云岩;5. 卧牛寺组玄武岩;6. 丁家寨组石英砂岩;7. 铺门前组鲕状灰岩;8. 香山组上段泥质灰岩;9. 香山组中段碳质灰岩;10. 香山组下段灰岩;11. 何元寨组疙瘩状灰岩;12. 向阳寺组砂质灰岩;13. 栗柴坝二段紫红色泥质灰岩夹页岩;14. 栗柴坝一段灰白色泥质灰岩夹页岩;15. 仁和桥组笔石页岩;16. 辉绿岩脉;17. 重晶石脉;18. 闪锌矿;19. 方铅矿;20. 构造破碎带;21. 工业矿体;22. 岩性分界面;23. 地质界线;24. 角度不整合;25. 平行不整合;26. 断层;27. 勘探线(试验剖面)及编号;28. 见矿钻孔及编号;29. 低品位钻孔及编号;30. 未见矿钻孔及编号;31. 铅锌矿床点

Fig. 2 Simplified geological map of the Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

赋矿层位为下石炭统香山组地层,其岩性主要为含泥质灰岩、炭质灰岩和生物碎屑灰岩等。矿区内岩浆岩,主要发育下二叠统卧牛寺组玄武岩,主要呈灰绿色、灰褐色,多数具有杏仁构造,杏仁体主要为石英。在矿区的董家寨矿段和鲁图矿段的玄武岩略有不同,董家寨矿段的玄武岩多为灰绿-黑绿色致密块状玄武岩,鲁图矿段的多为灰褐色的杏仁状玄武岩。其次,在矿区北部、东北部见基性侵入岩,主要为辉长辉绿岩、辉绿岩,呈岩脉、岩枝侵入于向阳寺组(D_1x)-香山组(C_1x)地层中(图2A),从区域地质分析,侵入时期为三叠纪。岩石具辉绿辉长结构,块状构造,围岩蚀变较弱,局部具铅锌矿化,少量方铅矿与闪锌矿以细脉状、浸染状充填于辉绿岩脉中^[26-29](图2B、C)。

矿区地表被坡积层所覆盖,无矿化露头,其主矿体埋深在260~400m之间,属于完全隐伏矿床。

深部钻孔揭露矿(化)体的直接顶板标志层为黄铁矿化劈理化炭质灰岩,一般距离矿层0~25m,平均为8m。该层炭质灰岩发育密集的劈理可能对含矿热液的运移起到了一定的“隔挡”作用,主矿体沿F17构造破碎带分布。西邑铅锌矿矿床成因类型为受构造控制的中低温热液型铅锌矿床,目前矿区探获铅+锌金属量105.63万吨(铅50.01万吨、锌55.62万吨),333类以上铅+锌83.58万吨,铅、锌均达大型规模^[30-32]。

2.2 矿区地表覆盖层

矿区地表覆盖层主要由褐红色、黄色黏土、岩石碎砾及黑色铁锰质组成(图3a、b),通过分析西邑铅锌矿区96个钻孔,坡积层最厚达34.89m,最薄1.25m,平均厚度为12.56m。铅锌主矿体位于覆盖层下伏石炭系香山组(泥质)灰岩中,主矿体埋深为260~400m,为完全隐伏铅锌矿床。

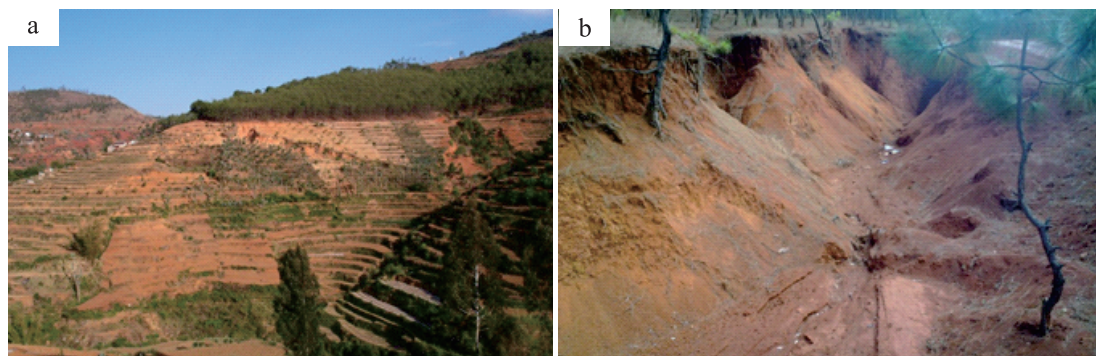


图3 云南保山西邑大型隐伏铅锌矿区覆盖层地貌

a. 西邑矿区地表覆盖层; b. 西邑矿区内覆盖层冲沟深5m,未见基岩

Fig.3 Geomorphological features of the overburdens of the Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

3 大功率激电找矿试验

3.1 试验区物性特征

西邑矿区291块物性样品测定结果(表1)表明,铅锌矿石为中高阻、高极化特征;角砾岩、石英砂岩、灰岩等岩石的极化率值均 $\leq 3\%$,与铅锌矿存在明显的极化率差异,为激发极化法提供了前提条件。

3.2 试验效果分析

大功率时间域激电(TDIP)是时间域测量的一种大功率主动源地面电法,从岩、矿石的导电性和极化率两个方面研究被探测目标体的特性,从而圈定目标体的空间分布。装置形式多样,普查扫面多用中梯装置,精测剖面根据研究目的选择合适的装

置,本次试验采用设备为重庆地质仪器厂研制的DJF5-10型大功率智能发送机和DJS-8型数字直流接收机,供电电源为10kW发电机。

选择西邑铅锌矿区董家寨矿段0勘探线分别于同年5月(雨季前)和11月份(雨季后)采集视电阻率和视极化率曲线,两次观测均采用DJF-10kW大功率激电测量系统中间梯度装置,参数相同。对比结果显示,5月6日和11月10日两次所观测的视极化率值存在近5倍的差异(图4);极化率平面等值线图显示,11月份测量结果(图5b)比5月份测量结果(图5a)极化率异常更明显,且异常分布的范围与已知矿体较为一致。由此可见,两个时间段内覆盖层电阻率差异影响了大功率激电的找矿效果。

表 1 保山西邑矿区岩(矿)石样品电性测定统计表

Table 1 Statistics of the electrical properties of the rock (ore) samples from the Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

岩性	样品数量 (块)	视电阻率($\Omega \cdot m$)		视极化率(%)	
		变化范围	统计值	变化范围	统计值
角砾岩	20	159.9 ~ 1269.12	551.78	0.65 ~ 5.03	1.68
石英砂岩	27	225.35 ~ 561.40	394.39	0.95 ~ 2.83	1.80
白云岩	10	407.41 ~ 3538.46	1326.70	1.02 ~ 3.26	2.04
灰岩	40	265.94 ~ 4164.95	1902.08	0.47 ~ 4.59	2.08
页岩	30	237.04 ~ 361.11	341.56	1.20 ~ 3.48	2.45
褐铁矿化	25	81.81 ~ 853	416.81	0.75 ~ 4.86	2.41
玄武岩	32	54.32 ~ 498.70	246.94	1.12 ~ 5.92	2.93
泥岩	40	40.49 ~ 772.48	353.26	0.47 ~ 7.5	2.94
炭质灰岩	32	65 ~ 1524.6	512.15	1.14 ~ 7.62	3.11
铅锌矿石	33	46.59 ~ 861.13	383.17	3.85 ~ 29.12	15.44

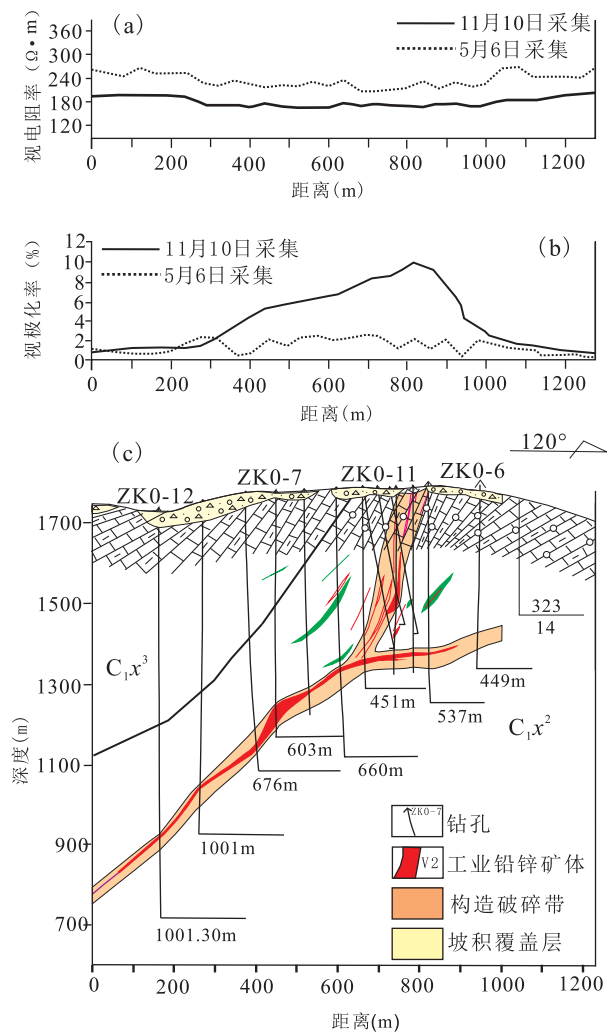


图 4 西邑矿区 0 勘探线大功率激电曲线对比图

a. 相同装置、参数及设备条件下,不同时间采集的视电阻率曲线对比图;b. 相同装置、参数及设备条件下,不同时间采集的视极化率曲线对比图;c. 云南保山西邑铅锌矿区董家寨主矿段 0 勘探线剖面

Fig. 4 Comparison of the high-power induced polarization curves for the zero exploratory line in different seasons in the Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

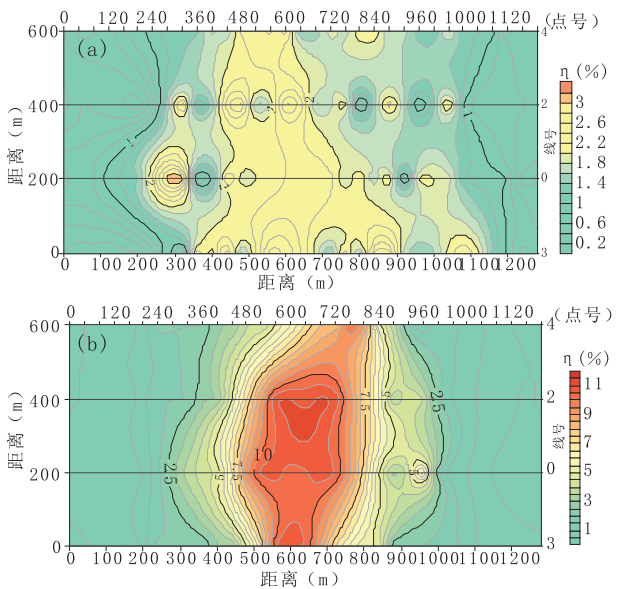


图 5 保山西邑矿区董家寨矿段不同季节开展大功率激电实验极化率异常图

a. 雨季前(5 月)极化率平面等值线图;b. 雨季后(11 月)极化率平面等值线图

Fig. 5 Contour diagrams of the polarizability anomalies in May (a) and November (b) in the Dongjiazhai ore block of Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

4 讨论

4.1 物性样品含水量对极化率值的影响

物性样品含水量直接影响视电阻率和视极化

率。岩矿石样品电阻率和极化率物性参数测定前,为了使样品的湿度尽量接近实际湿度,将样品在清水中浸泡 24 小时后达到水饱和,然后自然风干的湿度为最佳测定电阻率和极化率物性参数的前提^[38-40]。通过湿度影响的实验结果表明,一般在样品湿度较低时,不同湿度对极化率值有较明显的影响,但当湿度升高到某一定值后,则湿度的变化对极化率值的影响很不明显^[41-43]。

4.2 季节因素对覆盖层电阻率的影响

云南地处低纬度高原地区,气候特征不同于我国其它地区,有明显的干湿季节之分^[34-35]。保山地区的腾冲县、龙陵县、保山市 3 个气象站 1959 ~ 2001 年的逐日降水观测数据显示,该地区年降水量的 85% 以上集中在 6 ~ 9 月,10 月 ~ 次年 5 月仅占全年降水的 5 % ~ 15% (图 6),反映年降水量的集中程度较高^[36]。由于地表层地下水位、降水、径流、地温、冰冻等因素季节性似周期性的不均匀变化,引起了地表层视电阻率相应地变化^[37]。孙为民等对黏土试样的测量表明,干旱期(1 ~ 5 月)含水量为 2.5% 时,其覆盖层视电阻率为 200 ~ 1800Ω · m;雨季期间(6 ~ 9 月)含水量增加到 25% 时覆盖层视电阻率降到 10 ~ 20Ω · m;雨季后近 3 个月的潮湿期(10 ~ 12 月)内覆盖层平均含水量为 16% 时,其视电阻率为 60 ~ 110Ω · m。

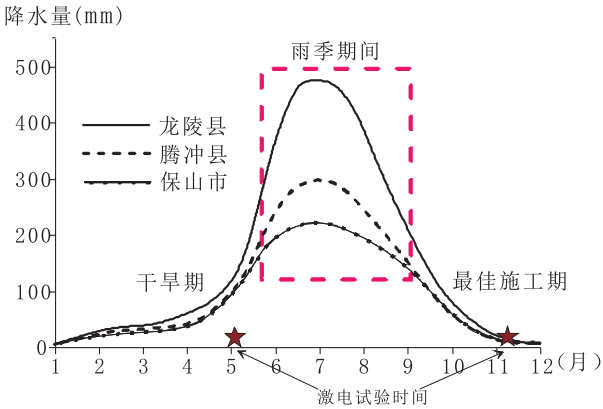


图 6 云南保山地区 3 个气象站点 1959 ~ 2001 年 1 ~ 12 月平均降水量

Fig. 6 Average precipitations from 1959 to 2001 recorded by three meteorologic stations in Baoshan, Yunnan

4.3 不同季节观测接地电阻对比

通常要求,AB 场源接地电阻小于 120Ω、观测电极 MN 的接地电阻应低于 2kΩ。考虑到设备性能差异对弱信号分辨能力较差,导致观测数据质量存在差异,在云南保山西邑铅锌矿区和香格里拉普朗铜矿区分别采用国内外先进的物探设备 GDP-32^{II} 多功能电法工作站和 DJF-10kW 大功率激电测量系统进行对比试验,结果见表 2。由此可见,潮湿期观测的 AB 发射源接地电阻和 MN 观测接地电阻值明显优于干旱期观测值,且均符合规范要求。

表 2 云南保山西邑铅锌矿区和香格里拉普朗铜矿区观测接地电阻值表

Table 2 Comparison of earth resistivity values for the Xiyi Pb-Zn deposit in Baoshan and Pulang copper deposit in Xianggelila, Yunnan

观测仪器、设备	实验极距	AB 发射源 接地电阻(Ω)	MN 观测 接地电阻(Ω)	观测时间	观测 地点	地质 剖面
测量仪器:GDP-32 ^{II} 电法工 作站、DJF-10kW 大功率激 电测量系统和模拟万用表 (单次读书误差 < 1.5%)	AB = 2000m	590 ~ 980	> 26k	雨季前:2013 年 5 月 6 日	云南保山西 邑铅锌矿区	覆盖层厚 2 ~ 34m, 下伏致 密块状石炭 系灰岩
	MN = 50m 铜板电极埋深	70 ~ 125	40 ~ 120	雨季后:2013 年 11 月 10 日		
电源:30kW 发电机、10kW 发电机及相应的整流源	1.5m, 浇盐水	560 ~ 850	> 32k	雨季前:2014 年 5 月 26 日	云南香格 里普朗铜 矿区	残坡积黏土 夹砾石 3 ~ 30m, 下伏闪 长玢岩、花岗 斑岩体
	0.5m, 观测前一天 浇盐水	60 ~ 110	55 ~ 135	雨季后:2014 年 10 月 8 日		
电极:发射源 A、B 极为铜板 电极、观测 M、N 极为不极 化电极						

5 结论

(1)覆盖层视电阻率受季节因素影响,直接影

响大功率激电数据质量和找矿效果。

(2)建议在保山西邑铅锌矿区及相似地电阻率受季节影响的厚覆盖层区开展大功率激电数据采

集工作,应尽量避免旱季(2~5月),最佳施工期为雨季后的近3个月内。

致谢 感谢云南地质矿产勘查院崔子良教授级高工、孟富军高级工程师和缪磊高级工程师的支持;感谢成都地质调查中心王永华教授级高工和范文玉教授级高工的指导;感谢审稿专家和编辑部的意见和建议。

参考文献:

- [1] 傅良魁. 激发极化法[M]. 北京:地质出版社,1982. 275-285.
- [2] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1983. 181-182.
- [3] 李金铭. 地电场与电法勘探[M]. 北京:地质出版社,2004. 136-155.
- [4] 刘天佑. 应用地球物理数据采集与处理[M]. 北京:中国地质大学出版社,2004. 135-181.
- [5] 傅良魁. 应用地球物理教程[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [6] 何继善. 双频激电法[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [7] 李金铭. 激发极化法方法技术指南[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [8] 袁学诚. 金属矿地球物理勘探的三十年[J]. 地球物理学报, 1979, 22(4): 364-369.
- [9] 张赛珍, 王庆乙, 罗延钟. 中国电法勘探发展概况[J]. 地球物理学报, 1994, (S1): 408-424.
- [10] 行英弟. 大功率激电在油气勘探中的应用效果[J]. 物探与化探, 1995, 19(3): 224-228.
- [11] 行英弟, 朱永余. 大功率激电在金属矿勘探中的应用效果[J]. 地质与勘探, 1995, 31(3): 43-47.
- [12] 艾斯卡尔, 李华, 杨剑. 双频激电法在云南新发地区的应用, 沉积与特提斯地质, 2010, 30(4): 109-112.
- [13] 温佩林, 赵秋梅. 大深度激发极化法初步探讨[J]. 物探与化探, 1996, 20(5): 329-330.
- [14] 吴国学. 大功率激电在团结沟金矿外围找矿中的应用[J]. 黄金, 1995, 16(6): 2-5.
- [15] 刘振山, 张振邦. 大功率电法在国土资源大调查中的应用效果[J]. 矿产与地质, 2000, 20(5): 482-484.
- [16] 王福同, 庄道泽, 胡建卫, 等. 物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用[J]. 中国地质, 2001, 28(3): 40-46.
- [17] 孟贵祥. 小热泉子铜矿区物探找矿效果及综合找矿模式[J]. 物探与化探, 2002, 26(1): 32-38.
- [18] 张赛珍. 激发电位法研究结果[J]. 地球物理学报, 1960, (1): 24-28.
- [19] 曹昌祺. 垂直磁极变频测深的低频特性和高阻层的穿透问题[J]. 地球物理学报, 1981, 24(2): 192-206.
- [20] 孟贵祥, 庄道泽, 王卫江. 西部戈壁荒漠区大极距激电找矿试验分析[J]. 地球学报, 2006, 27(2): 175-180.
- [21] 何平. 土冻结过程中电阻的特性及应用[J]. 冰川冻土, 1990, 12(4): 154-155.
- [22] 王文龙. 青藏铁路多年冻土勘查的物探方法选择及其运用效果[J]. 物探与化探, 2003, 27(2): 150-154.
- [23] 杜炳锐, 何梅兴, 裴发根, 等. 关于音频大地电磁测深在冻土区“跳点”现象研究[J]. 中国西部科技, 2014, 10(13): 15-18.
- [24] 金安忠. 地电阻率正常变化的初步研究[J]. 地球物理学报, 1981, 24(1): 92-106.
- [25] 金安忠. 在浅部有高阻屏蔽层地区获取地电阻率平稳正常变化的一种途径[J]. 地球物理学报, 1982, 25(2): 193-197.
- [26] 崔子良, 聂飞, 董国臣, 等. 云南保山西邑 Sedex 型铅锌矿矿床成因[J]. 云南地质, 2012, 31(4): 419-425.
- [27] 聂飞, 范文玉, 刘书生, 等. 自然重砂异常在云南西邑铅锌矿找矿中的意义[J]. 地质通报, 2014, 33(12): 2019-2022.
- [28] 聂飞, 董国臣, 莫宣学, 等. 云南保山西邑铅锌矿床硫铅同位素地球化学特征研究[J]. 岩石学报, 2015, 31(5): 1327-1334.
- [29] 孟富军, 崔子良, 赵庆红. 云南保山西邑铅锌矿找矿潜力分析[J]. 云南地质, 2014, 33(1): 14-18.
- [30] 缪磊, 张海鸥, 赵杓, 等. 云南保山市西邑铅锌矿矿体顶板特征及找矿标志[J]. 云南地质, 2014, 33(2): 210-213.
- [31] 李光波. 综合物探法在西邑铅锌矿外围预测靶区运用[J]. 云南地质, 2014, 33(1): 94-97.
- [32] WU Wenxian, DING Jun, WANG Yonghua, et al. Metallogenic prediction of the peripheral areas of the Xiyi concealed lead-zinc deposit in Baoshan City, Yunnan Province [J]. ACTA GEOLOGICA SINICA (English Edition), 2015, 89(5): 1775-1776.
- [33] 周国莲, 晏红明. 云南近40年降水量的时空分布特征[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2007, 29(1): 55-61.
- [34] 陶云, 何群. 云南降水量时空分布特征对气候变暖的响应[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(6): 587-595.
- [35] 徐娟. 云南省保山地区降水年内分配的区域差异研究[J]. 保山学院学报, 2013, (2): 22-25.
- [36] 孙为民, 何金良, 曾嵘, 等. 季节因素对变电站接地系统安全性能的影响[J]. 中国电机工程学报, 2001, 20(1): 15-18.
- [37] 海戴媛. 岩矿电性研究若干问题的探讨[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1983, 8: 75-87.
- [38] 范宜仁, 刘兵开. 岩石激发极化电位的实验研究[J]. 测井技术, 1997, 21(4): 241-246.
- [39] 张赛珍, 王式铭. 影响矿化岩石和矿石极化率值的因素及其作用规律[J]. 地质学报, 1974, (1): 95-112.
- [40] 赵鸿儒, 黄铁男. 中国地球物理模型实验的发展[J]. 地球物理学报, 1994, 37(1): 269-275.
- [41] 李树文, 郝旭, 金瞰昆. 激电异常的形态解释方法及其应用[J]. 地质与勘探, 2000, 36(1): 48-50.
- [42] 焦彦杰, 王永华, 吴文贤, 等. EH4 电磁系统在云南红河地区地下水勘查中的应用[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(2):

108 – 112.

牛场控矿构造勘探中的应用[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(2):102 – 107.

[43] 吴文贤,王永华,焦彦杰,等. EH4 电导率成像系统在通安小

The effects of seasonal changes on high-power induced polarization exploration of the Xiyi large-scale concealed Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan

Wu Wen-Xian^{1,2}, Zeng Qin-Qin², Liao Guo-Zhong², Askar³, Deng Ke²

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 3. Geophysical and Geochemical Exploration Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Changji 830000, Xinjiang, China)

Abstract: Since the demands of the increasing exploration depths, the high-power induced polarization method is playing an important role in the exploration of the concealed metallic sulfide deposits. During the time domain high-power induced polarization exploration of the Xiyi large-scale concealed Pb-Zn deposit in Baoshan, Yunnan, the authors in this study disclosed that the apparent resistivity values of the overburden tend to be effected by the rainfalls during the dry seasons, and high resistivity shielding phenomena in the overburden would have direct influence on the induced polarization data quality and prospecting effects. In the light of observed results of high-power induced polarization data obtained in different seasons and theoretical analysis and numerical simulation calculations, the seasonal factors are interpreted to have direct influence on both earth resistivity of the overburden and induced polarization exploration. The particular suggestions are drawn to the optimal time selection, i. e. October to December in the induced polarization exploration. The results of research in this study are of important practical meaning for the improvement of exploration effects by using induced polarization method.

Key words: Xiyi large-scale concealed Pb-Zn deposit; overburden; high-power induced polarization method; high resistivity shielding