

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850.2020.08004

湘西花垣地区铅锌矿勘查技术找矿模式探索 ——以大脑坡铅锌矿为例

廖国忠, 张伟, 杨剑, 王桥, 高慧

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘要:湘西花垣大脑坡铅锌矿床位于扬子地块东南缘与雪峰(江南)造山带的过渡区,矿体受构造和岩相控制,主要呈层状和脉状赋存于清虚洞组下段第三、四亚段的藻灰岩中。随着勘探深度的加大,找矿成功率显著降低,提高找矿成功率一直是急需解决的问题。本文结合前人的经验,总结了“花垣式”铅锌矿成矿模式,从勘查方法技术的角度,综合考虑岩石的电阻率、极化率和地表岩石、土壤中 Pb、Zn 元素含量特征等因素,建立了寻找“藻灰岩+地表 Pb、Zn 元素异常+中电阻率高极化率/低电阻率高极化率”的铅锌矿勘查技术找矿模式。通过在大脑坡矿区开展的综合地球物理和地球化学试验,验证了找矿模式的合理性,为湘西—鄂西—黔东地区铅锌的矿勘查提供了新的思路。

关键词:大脑坡铅锌矿;成矿模式;找矿模式

中图分类号:P627

文献标识码:A

湘西—鄂西—黔东地区是扬子准地台周边及其隆起边缘主要的铅锌矿化集中区之一^[1],是我国重要的铅锌矿资源基地。湖南省花垣县大脑坡铅锌矿作为该矿化集中区内典型的铅锌矿床,在 2011~2014 年度,实现了铅锌矿找矿的重大突破,被中国地质学会列为 2014 年度“十大地质找矿成果”之一。目前,矿床东部尚在勘查中,找矿潜力巨大^[2]。

花垣地区大脑坡铅锌矿具有规模大、品位低、易开采、易选冶等特征^[3]。作为该地区典型的铅锌矿床,前人从矿田沉积相^[1,4-7]、成矿流体^[8-13]、控矿因素^[1,14,15]、成矿规律^[3]及找矿标志等方面进行了大量的研究。最新研究成果显示:花垣地区铅锌矿为多期次成矿结果,属于后生热液成矿,成矿物质主要来自上地壳和造山带;成矿流体流经矿源层,萃取成矿物质后,沿区域性断裂向上运移,最终就位于断裂形成的张性空间和台地边缘浅滩相与局限台地潮下过渡部位的礁灰岩中。因此,如何有效地识别出成矿流体运移的断裂通道和含矿礁灰岩,是综合勘查技术方法急需解决的问题。本文结合

前人研究成果,总结了“花垣式”铅锌矿成矿模式,并以地层岩石的电阻率、极化率和地表岩石、土壤中 Pb、Zn 元素含量特征为桥梁,从勘查方法技术的角度,建立了“花垣式”铅锌矿找矿模式。通过在湘西花垣县大脑坡矿区开展的综合地球物理和地球化学试验,验证了找矿模式的合理性,为湘西—鄂西—黔东地区铅锌矿勘探提供了经验。

1 大地构造背景

花垣大脑坡铅锌矿床位于扬子地块东南缘与雪峰山造山带的过渡区(图 1),湘西—鄂西—黔东成矿带的中部的花垣县团结镇。湘西地区从南华纪裂谷阶段到早古生代经历了被动大陆边缘阶段到前陆盆地阶段的演化过程。南华纪时期,扬子—华夏联合陆块裂解,在广泛的拉张环境下,扬子地块内部形成大量的沉积沉降带,裂谷内沉积了深海黑色岩系。震旦纪进入了被动大陆边缘阶段,陆壳由拉张向热沉降转换,沉积作用由陆源碎屑沉积向碳酸盐沉积过渡;寒武纪至早奥陶世沉积了广阔的

收稿日期:2019-12-13; **改回日期:**2020-05-13

作者简介:廖国忠(1987—),男,工程师,主要从事物化探综合矿产勘探与研究。E-mail:gzliaoguozhong@163.com

资助项目:中国地质调查局“四川会理—盐源地区地球物理调查”(DD20190033)、国家自然科学基金“城市建筑群的重力场定量校正方法研究”(41804144)、“南盘江成矿区贞丰和富宁地区地质矿产调查”(DD20160082)、中国地质调查局地质矿产调查专项(12120113050700,12120113094800)联合资助。

碳酸盐台地,裂谷边缘发育大量的藻灰岩。加里东时期,由于扬子与华夏两大块体发生陆陆碰撞,形成了黔中、雪峰等多个隆起,碳酸盐台地逐渐被来自于造山带的碎屑岩淹没,成为典型的周缘前陆盆地,进入闭合造山阶段。

2 矿区地质特征

大脑坡铅锌矿是近年来新发现的超大型矿床,赋存于花垣-张家界断裂和民乐-敖溪断裂两条区域性断裂之间的藻灰岩中。矿区地形起伏较小,地层平缓、构造相对简单。

2.1 地层特征

大脑坡铅锌矿区出露地层由老至新依次为寒武系下统石牌组(ϵ_1s)页岩、粉砂质页岩,寒武系清虚洞组(ϵ_1q)白云岩及藻灰岩,寒武系中统高台组(ϵ_2g)泥质白云岩,寒武系中上统娄山关组($\epsilon_{2-3}ls$)白云岩及部分第四系(Q)冲洪积物,其中,寒武系清虚洞组是主要赋矿地层(图2)。地层总体产状平缓,倾向南东,各地层间整合接触。

2.2 构造特征

矿区构造以花垣-张家界断裂带左行剪切派

生应力场作用下形成的张性次级断裂,主要分为两组断裂:一组平行区域断裂,走向为北东向,另一组走向为北西向次级断层。次级断裂作为含矿热液运移的通道,而且也是Pb、Zn元素的沉淀空间^[3]。

2.3 矿床特征

矿体呈层状、脉状产于清虚洞组第三、四亚段($\epsilon_1q^{1-(3+4)}$)藻灰岩、粒屑灰岩中;矿石的矿物成分主要有闪锌矿,次为方铅矿、黄铁矿;矿石构造主要为斑脉状构造,少量网脉状构造、浸染状构造等;围岩蚀变主要为方解石化和白云石化;平面上,矿化严格受藻灰岩的展布控制,常具分枝复合现象,矿体厚度与藻灰岩厚度呈正向相关性。垂向上,矿化受层位、岩性控制,呈多层状产出。

3 “花垣式”铅锌矿成矿模式

前人从矿床地质、成矿流体、包裹体、同位素等不同角度出发,对“花垣式”铅锌矿的成因提出了很多不同的观点。从湖南省矿床分带的角度来看,花垣式铅锌矿属于大陆边缘斜坡浅滩相内矿床^[16, 17]。根据花垣铅锌的矿床地质特征,矿床的S、Pb、H、O同位素地球化学特征,构造及岩相古地理控矿特征

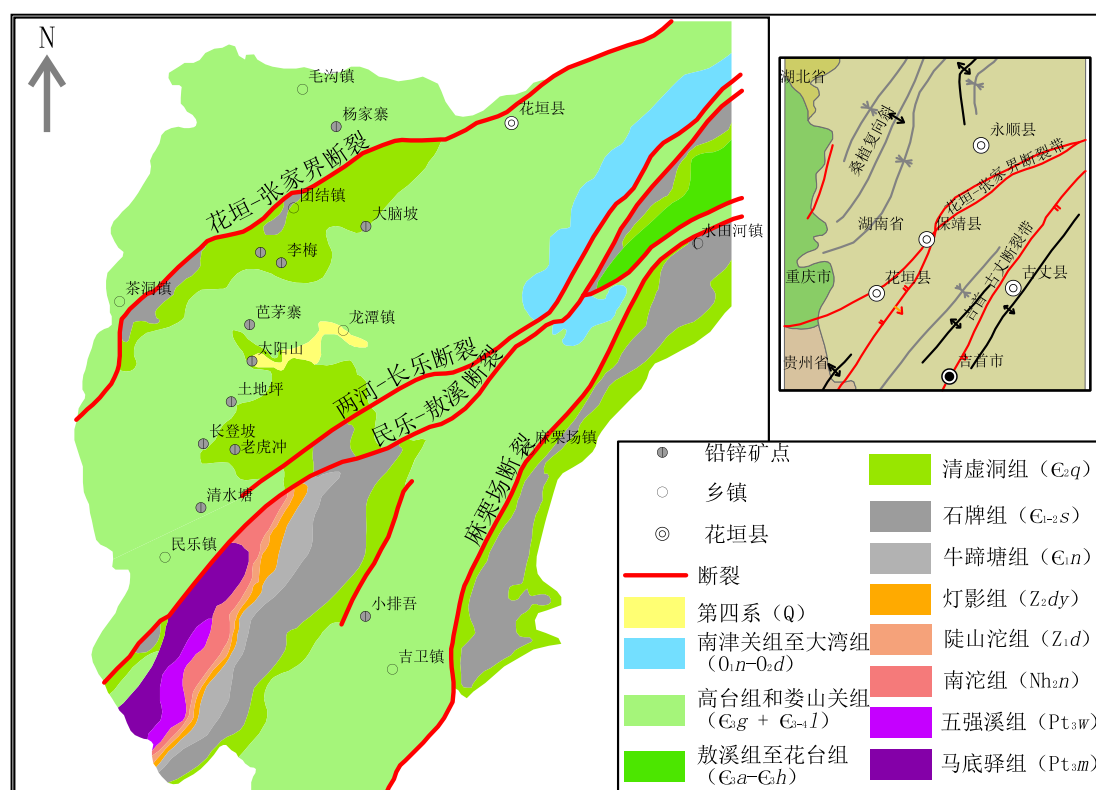


图1 花垣地区大地构造位置(据参考文献[3],略有修改)

Fig.1 Geotectonic location of Huayuan area (slightly modified according to reference [3])

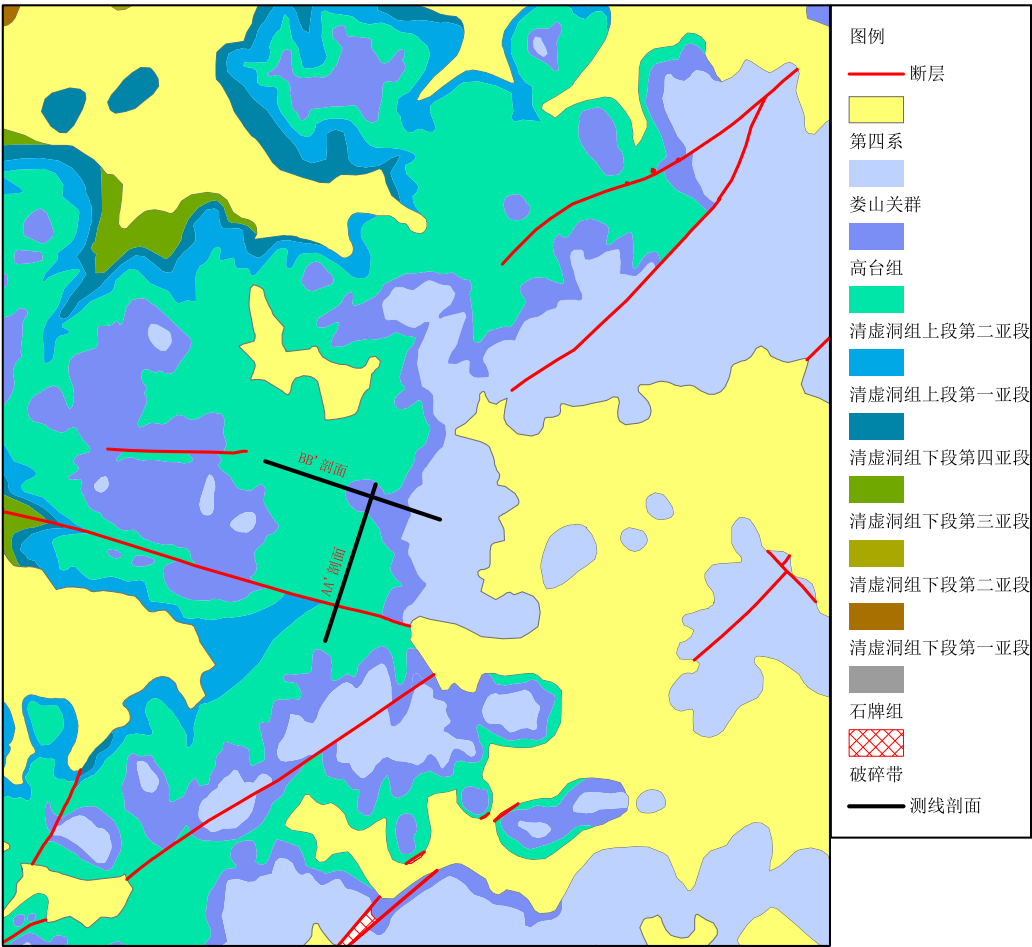


图2 大脑坡矿区地质图和研究剖面位置

Fig. 2 Geological map of Da-naopo mining area and locations of profiles

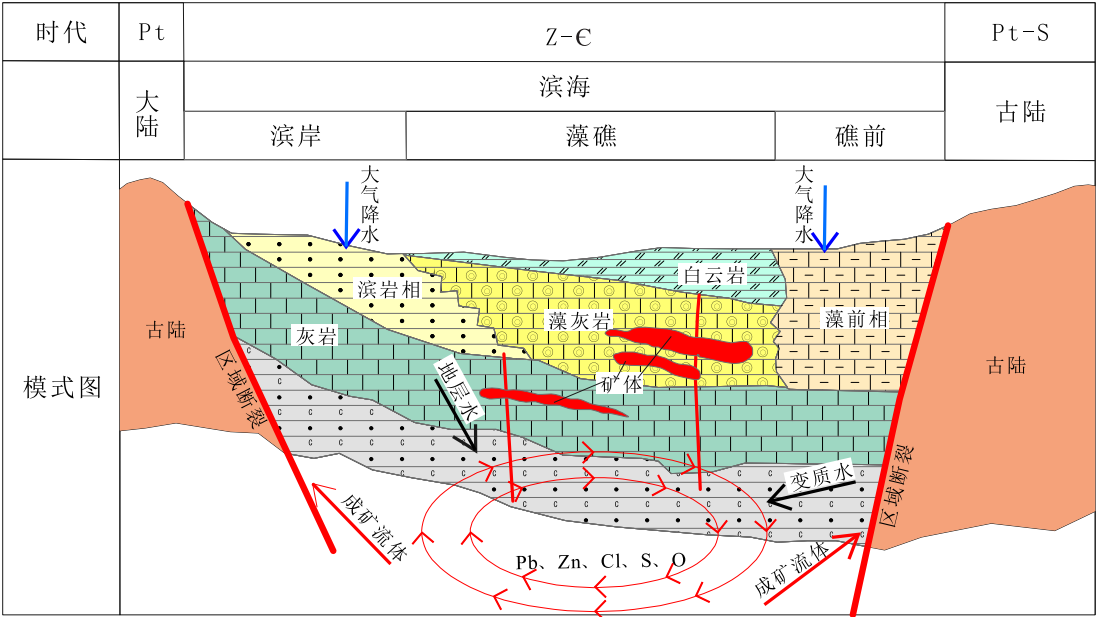


图3 “花垣式”铅锌矿成矿模式(据参考文献[13,16,17]等修改)

Fig. 3 The ore-forming model for Huayuan-typed Pb-Zn deposits(modified according to references. 13,16,17)

和地层成矿元素丰度特征,邵拥军等探讨了区内铅锌矿成矿物质和成矿流体来源,分析了花垣铅锌矿田的成因,认为花垣铅锌矿是 MVT 型矿床^[3, 13]。本文在前人的研究基础上,总结了花垣铅锌矿的成矿模式(图 3)。

成矿模式概括:裂谷及被动大陆边缘阶段,在寒武系及其以下层位的沉积和成岩过程中,成矿元素预富集形成矿源层;深部地层水和变质水形成热水环流,活化了流经岩石中(主要是矿源层)的成矿元素而成为成矿流体;成矿流体沿花垣-张家界深大断裂及其次级张性断裂向上运移,继续淋滤、萃取地层中的成矿元素。当成矿流体运移至清虚

洞组藻灰岩时,由于受上、下低渗透性地层的隔挡和物理化学条件的变化(大气降水的加入引起),成矿流体横向运移,在孔隙度较发育如生物礁灰岩一类的碳酸盐岩的裂隙或破碎部位淀积成矿。

4 地层岩石地球物理地球化学特征及综合找矿模型

4.1 地层岩石地球物理特征

成都理工大学在黔东北地区页岩气勘探试验中^[18],对邻区进行了大量的岩石物性总结工作,结合本次野外开展的物性测定工作,将研究区地层岩石物性进行了统计,统计结果如表 1。

表 1 大脑坡研究区地层平均电阻率(露头小四极)统计表(据参考文献^[18])

Table 1 Statistical table of rocks' average resistivity in study area (according to reference. 18)

地层组名	岩性	电阻率($\Omega \cdot m$)		极化率(%)		地球物理特征
		范围	平均值	范围	平均值	
娄山关组	白云质灰岩,白云岩,	1990 ~ 15297	9727	0.63 ~ 2.14	1.37	高阻低极化
高台组	砂质白云岩,鲕粒白云岩,泥晶白云岩	4359 ~ 27203		0.24 ~ 2.08	0.92	
清虚洞组	鲕状灰岩,泥灰岩,砂质页岩,钙质泥岩	558 ~ 2300	1025	0.2 ~ 2.4	0.8	中阻低极化
石牌组	上部 钙质泥岩,泥岩,钙质页岩	118 ~ 270	221	0.2 ~ 1.7	0.7	低阻低极化
	下部 含碳泥页岩,黏土页岩,粉砂质泥岩	236 ~ 501		1.1 ~ 3.7	2.4	
断层	含矿 角砾岩	15 ~ 700	450	1.5 ~ 9.5	6.5	低阻高极化
	不含矿	110 ~ 2100	745	0.5 ~ 2.5	1.6	低阻低极化
矿体	铅锌矿	34.5 ~ 1214.1	211.8	1.96 ~ 12.81	8.26	低阻高极化

根据电阻率统计结果显示,研究区地层分为三个主要电性层。

(1)第一电性层为高阻层,岩性主要为寒武系高台组、娄山关组的白云岩为主,电阻率主要介于 4359 ~ 27203 $\Omega \cdot m$,呈高电阻率特征。

(2)第二电性层为中电阻层,岩性主要是以清虚洞组下段的灰岩和清虚洞组上段的白云岩为主,电阻率范围为 558 ~ 2300 $\Omega \cdot m$,呈中电阻率特征。

(3)第三电性层为低阻层,岩性主是以杷榔组及以下地层中各类深海相沉积页岩及钙质泥岩为主,电阻率范围为 118 ~ 410 $\Omega \cdot m$,呈低电阻率特征,为电法测深方法的标志层。

极化率统计结果显示,岩石主要分为高极化率和低极化率两类,其中含矿的断层角砾岩和矿体呈现高极化率,其它的岩石均显示低极化率特征。

根据电阻率和极化率特征,明确了花垣式铅锌矿物探找矿指标为低阻高极化,藻灰岩圈定的指标为中阻低极化。矿源层杷榔组泥、页岩为低阻低极化。

4.2 地表地球化学特征

湘西北地层中,寒武系下统石牌组以下的地层 Pb 和 Zn 丰度最高,而其之上的地层中的 Pb 和 Zn 丰度均较低,其中清虚洞组地层 Pb 和 Zn 丰度分别为 $(2 \sim 6) \times 10^{-6}$ 和 $(10 \sim 20) \times 10^{-6}$,与中国东部碳酸盐岩地层丰度(Pb 丰度为 8×10^{-6} ,Zn 为 18×10^{-6})相当。因此,倘若在地表岩石、土壤的地球化学测定结果 Pb、Zn 元素含量高于地层丰度的 10 倍以上的地段,即可确定为有成矿流体活动的区域,从而圈定找矿有利地区。

4.3 综合找矿模型

通过地质矿产总结的成矿模式和主要的控矿因素,针对成矿模式中主要的控矿因素物性差异,以地球物理属性为桥梁,建立地质控矿因素与勘查技术方法的对应关系,提出了综合勘查技术方法找矿模式(图 4)。根据找矿模型,其找矿模式可总结为:

(1)首先,根据地表地质填图成果,圈定区域断裂夹持的藻灰岩。

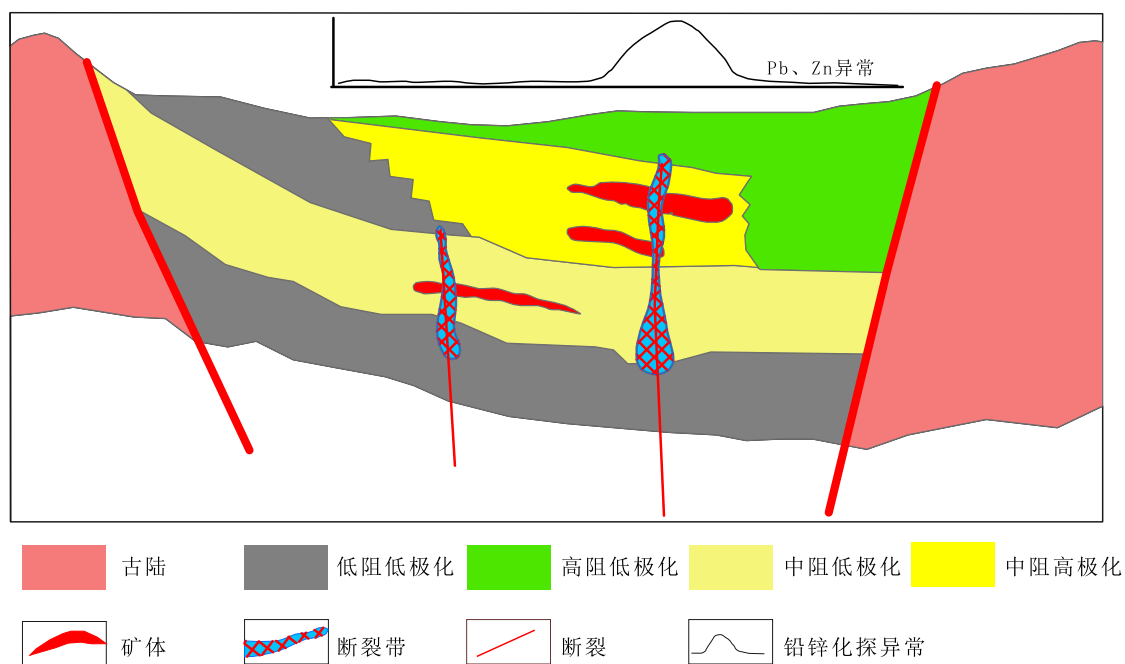


图4 花垣式铅锌矿找矿模型

Fig. 4 The Prospecting model for Huayuan-typed Pb-Zn Deposits

(2)在圈定的藻灰岩区域,开展地表地球化学测量。铅锌矿勘查最直接的线索来源于地球化学Pb、Zn元素的分析结果,但大脑坡铅锌矿矿体主要呈层状分布于清虚洞下段的藻灰岩中,地表主要出露地层为高台组和娄山关组白云岩,白云岩地层Pb、Zn元素含量普遍较低,而断裂作为含矿空间或者成矿流体通道,Pb、Zn元素含量相对较高,因此地球化学剖面测量可以捕获沿通道上来的Pb、Zn元素,推测深部是否含矿。

(3)在地表地球化学测量异常区,开展大比例尺地球物理剖面工作。由于石碑组为页岩,粉砂质页岩,电阻率低,沉积稳定,是剖面工作的底面标志层,然而其埋深大,因此推荐电磁测深类方法,比如MT、AMT或者CSAMT等方法,此类方法探测深度大,垂向和横向分辨率高,不仅适合水平地层进行不同电性层的分层,而且对纵向的低阻断裂带分辨力高。

(4)最后,对电磁测圈定的“断层+高阻”地段开展大功率激电测量。由于矿体极化率高,大功率激电所测的极化率可以直接圈定矿体,而且大功率测量时也可以获取电阻率信息,尽管探测深度较浅,但是可以对电磁测深的结果进行验证。

经过以上四个过程后,就可以圈定矿体。

5 勘查技术方法试验和结果分析

大脑坡矿区位于花垣-张家界断裂和民乐-

敖溪断裂两条区域性断裂之间的藻灰岩中,本次勘查技术方法试验按照本文所提出的找矿模式,首先垂直于地表已知断层布设了一条AMT剖面AA',然后根据AMT分析结果,在断层北盘垂直AA'剖面布设了另一条剖面BB',剖面位置如图2,先后在BB'剖面开展AMT剖面测量、大功率激电测深和岩石地球化学测量。

AMT测深采用了加拿大凤凰地球物理公司生产的V8进行测量,开工前进行了仪器标定,采集过程中对数据进行了统计,满足规范要求。大功率激电测深测量采用了电法仪器-DJF大功率数字直流激电测量系统,数据采集严格按照规范操作,数据质量可靠。

5.1 AA'剖面AMT反演结果分析

根据岩石物性统计结果,将电阻率分为3个电阻率层,其中电阻率值大于 $2000\Omega\cdot m$ 的岩石划分为高电阻率层,电阻率低小于 $500\Omega\cdot m$ 的岩石划分为低电阻率层,而介于 $2000\sim 500\Omega\cdot m$ 的岩石划分为中电阻率层。

AA'剖面AMT反演结果显示(图5a):该剖面电阻率值的分布在垂向上总体呈现为由高向低逐渐变化的趋势;而在水平方向上,以600m为界,将剖面分为电阻率分布特征截然不同的两段。在剖面0~600m段:由地表向下,电阻率值划分为三层。

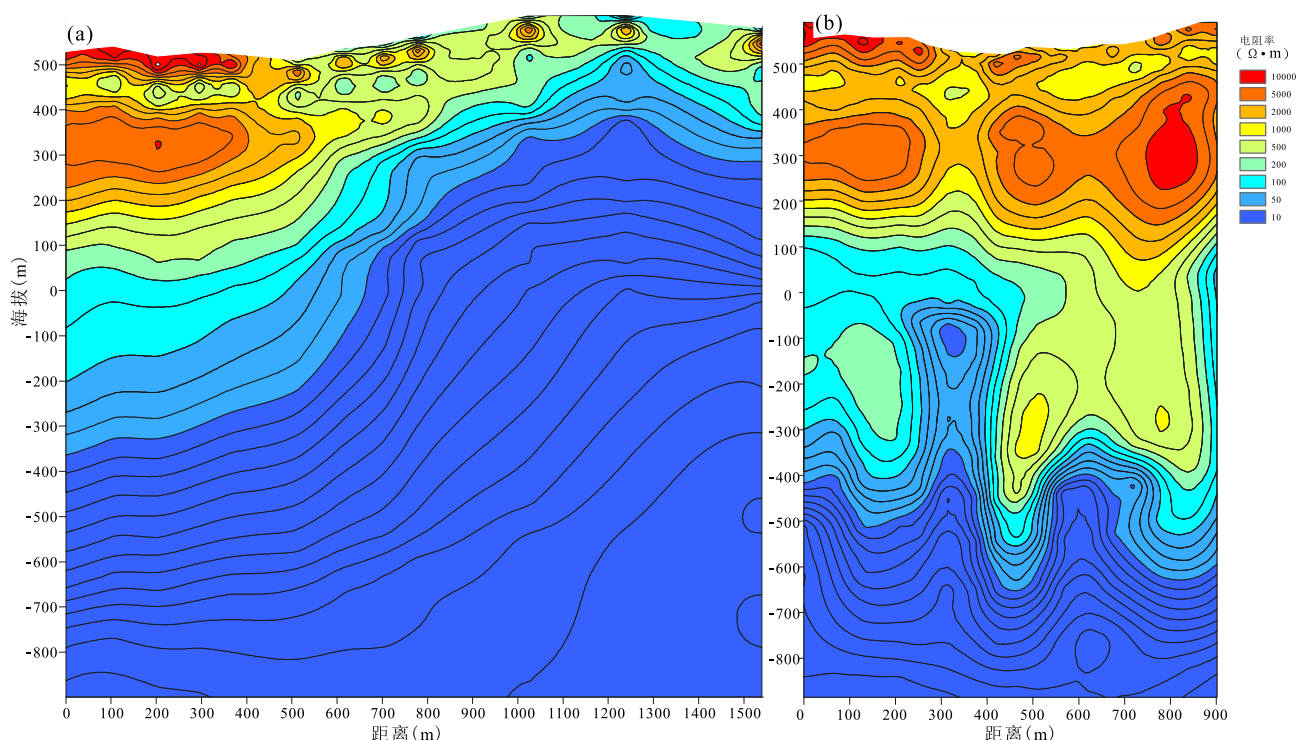


图5 AA'剖面(a)和BB'剖面(b)音频大地电磁测深反演结果图

Fig. 5 Inversion result map of AMT survey of AA' profile

第一层分布深度在地表至海拔高度为200 m范围以内,电阻率值大于 $2000\Omega \cdot \text{m}$,为高电阻率层,厚度稳定,在剖面600m处尖灭;结合地表地质特征,推测该层为藻灰岩和白云岩的响应。第二层分布深度在海拔200~0m范围内,电阻率值介于 $500 \sim 2000\Omega \cdot \text{m}$ 为中电阻率层,厚度稳定,但埋深从剖面0~600m逐渐变浅,推测为背斜的一翼。第三层分布深度在海拔0m以下,电阻率值低于 $500\Omega \cdot \text{m}$,为低电阻率层,为本区电测深的标志层,电阻率值低,为有机质含量较高的炭质页岩。剖面600~1550m段:电阻率划分为两层,第一层分布深度在地表至海拔300m范围内,电阻率值介于 $500 \sim 2000\Omega \cdot \text{m}$ 为中电阻率层,该层厚度呈现两边尖中间薄的形态。第二层分布深度在海拔300m以下,电阻率值低于 $500\Omega \cdot \text{m}$,为低电阻率层,该层分布呈现向上凸的背形形态。根据这两段电阻率分布的特征,推测该受后期造山作用,剖面600~1550m段形了背斜,而在剖面600m处,在背斜的翼部形成一条逆冲断层。

5.2 BB'剖面 AMT 反演结果分析

BB'剖面开展了AMT测量、大功率激电测深和地球化学剖面测量。根据AMT反演剖面结果显示

(图5b):该剖面分为3个电性层。第一层分布深度在地表至海拔200m范围内,电阻率值大于 $2000\Omega \cdot \text{m}$,为高电阻率层,推测为清虚洞组灰岩;第二层分布深度在海拔200m至-400m范围内,电阻率值介于 $500 \sim 2000\Omega \cdot \text{m}$,为中电阻率层,该层电阻率分布不均匀,在剖面300~400m处发育一条近似直立的低电阻率带,推测为断层;第三层电阻率值分布范围在海拔-400m以下,电阻率值低于 $500\Omega \cdot \text{m}$,为本区的低阻标志层,推测为有机质含量较高的炭质页岩层。

5.3 BB'剖面大功率激电测深剖面反演结果

大功率激电测深经过电阻率反演和极化率反演后结果如图6显示,地下电阻率结构呈三层结构,地表电阻率低,极化率低,中间标高450~150m的地段为高电阻率,高极化率段,推测为高阻高极化率的矿体。第三层为低阻低极化率层。

5.4 BB'剖面地球化学剖面测量结果

BB'剖面部分地段被第四系覆盖,基岩未出露,因此在剖面上进行了岩石样采集和土壤样采集,并对其进行了地球化学测试,测试结果见图7。

BB'剖面在剖面起始端Pb、Zn元素值相对较高,元素含量值波动较大,结合矿区地质情况,发现

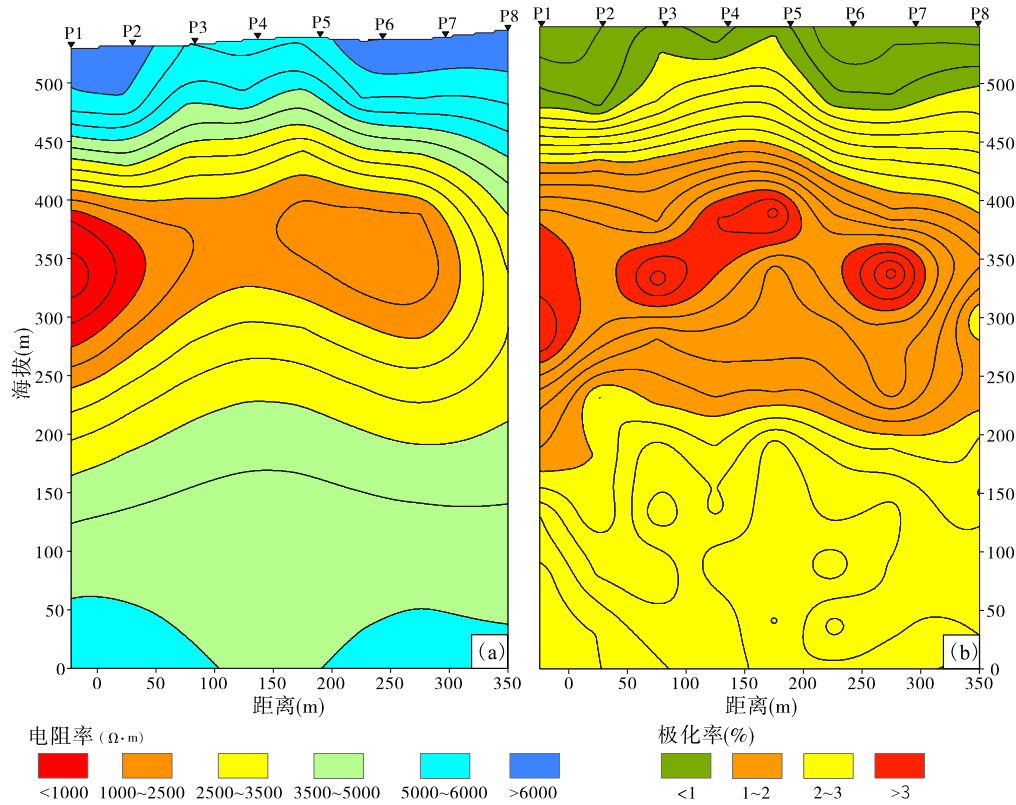


图6 BB 电阻率反演结果图(a)和极化率反演结果图(b)

Fig. 6 Resistivity inversion results (a) and polarizability inversion results (b) of BB profile

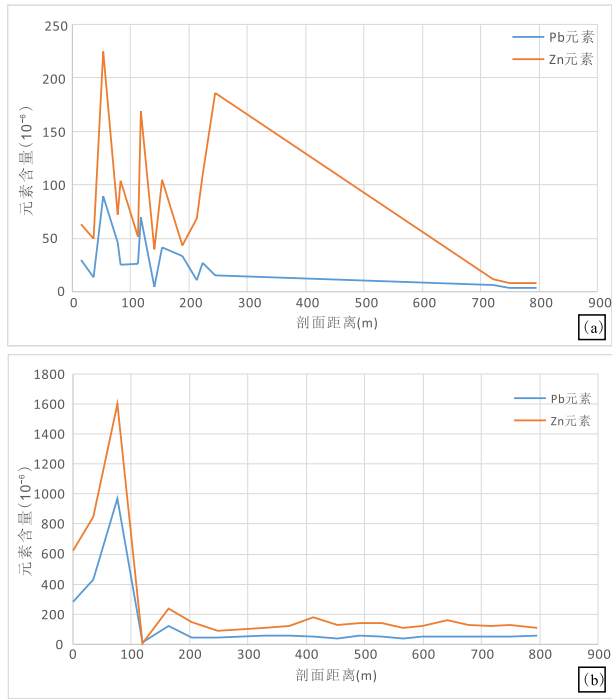


图7 BB' 剖面地表岩石地球化学测量剖面(a)和土壤地球化学测量剖面(b)Pb、Zn 含量分析结果图

Fig. 7 Element contents of Pb and Zn in surface rock (a) and soil's geochemical survey profile of BB'(b)

该段剖面铅锌矿体埋深浅,地表有少量方解石矿化现象,因此,推测该 Pb、Zn 异常是隐伏铅锌矿体经断层“逃逸”到地表的反应。

通过对前人资料的整理,认为“花垣式”铅锌矿属层控矿床,在上覆地层较厚地段,深部矿化体在地表难以获得清晰较好的化探异常。根据在 BB' 剖面上进行的岩石、土壤地球化学测试结果显示, Pb、Zn 元素整体值较小,而在有断层的地方化探元素异常略高,可用于与 AMT 综合评价隐伏断层。

6 总结

(1)在前人研究的基础上,归纳总结了花垣式铅锌矿成矿模式。从勘查技术的角度出发,以岩石地球物理物性差异和地表地球化学 Pb、Zn 元素异常为桥梁,将花垣式铅锌矿成矿模式转换为勘查技术找矿模型。

(2)对花垣县大脑坡已知铅锌矿床进行了勘查技术方法试验,开展了 AMT 剖面测量、大功率激电剖面测深、地表土壤和岩石 Pb、Zn 元素地球化学剖面测量,试验结果证明本文提出的找矿模型是正确的。

(3)矿床的形成是多种地质因素综合作用的结果,随着矿体埋藏深度加大,单一找矿方法成功率越来越小,本文综合地质、地球物理、地球化学等因素提出的勘查技术找矿模型,为研究区开展铅锌矿找矿预测提供了理论依据。

致谢:湖南省地矿局 405 地质队在项目研究过程中给予了热情的帮助,审稿专家和编辑部老师对文章撰写提出的宝贵建议,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 高梦瑶. 中国地质学会 2014 年度“十大地质找矿成果”[J]. 地质论评, 2015, 61(2):415-416.
- [3] 魏含涛,邵拥军,熊伊曲,等. 湘西花垣铅锌矿田成矿模式[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2017, 48(9):2402-2413.
- [4] 汤朝阳,段其发,邹先武,等. 鄂西—湘西地区震旦系灯影期岩相古地理与层控铅锌矿关系初探[J]. 地质论评, 2009, 55(5):712-721.
- [5] 汤朝阳,邓峰,李堃,等. 湘西—黔东南地区寒武系都匀阶清虚洞期岩相古地理与铅锌成矿关系研究[J]. 地质与勘探, 2013, 49(1):19-27.
- [6] 贺令邦,杨霆,杨绍祥. 湘西花垣铅锌矿床藻礁灰岩含矿性研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(S1):115-120.
- [7] 曾建康,张加利,谭懿. 湖南省花垣县大脑坡铅锌矿床地质特征及与岩相关系[J]. 国土资源导刊, 2018, 15(4):59-64.
- [8] 周云,段其发,陈毓川,等. 湘西花垣铅锌矿田成矿物质来源的 C、O、H、S、Pb、Sr 同位素制约[J]. 地质学报, 2016, 90(10):2786-2802.
- [9] 周云,段其发,曹亮,等. 湘西花垣地区铅锌矿床流体包裹体显微测温与特征元素测定[J]. 地球科学, 2018, 43(7):2465-2483.
- [10] 周云,段其发,曹亮,等. 湘西花垣铅锌矿稀土元素地球化学特征与指示意义[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1):751.
- [11] 周皓迪,邵拥军,叶周,等. 湘西花垣大脑坡铅锌矿床流体包裹体研究[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1):652.
- [12] 曹亮,段其发,彭三国,等. 湘西地区铅锌矿成矿物质来源——来自 S、Pb 同位素的证据[J]. 地质通报, 2017, 36(5):834-845.
- [13] 魏含涛,邵拥军,叶周,等. 湘西花垣铅锌矿田方解石 REE 元素和 Sr 同位素地球化学[J]. 中国有色金属学报, 2017, 27(11):2329-2339.
- [14] 赵佳进,许明珠,刘建平,等. 湘西花垣铅锌矿田的成矿构造[J]. 地质找矿论丛, 2016, 31(3):346-354.
- [15] 孔华,赵佳进,许明珠,等. 湘西花垣铅锌矿田成矿构造浅析[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1):1046.
- [16] 刘亚新,李时谦,徐惠长,等. 湖南省热(卤)水矿床成矿控制及成矿规律[J]. 华南地质与矿产, 2004, (3):31-37.
- [17] 童潜明. 湖南省有色金属成矿地质条件和成矿预测[J]. 国土资源导刊, 2006, 3(3):37-41.
- [18] 闵刚,王绪本,张兵,等. AMT 法在黔东南岑巩地区的页岩气勘探试验[J]. 石油地球物理勘探, 2014, 49(4):815-824.

A prospecting model for Pb-Zn deposits in Western Hunan Province

Liao Guozhong, Zhang Wei, Yang Jian, Wang Qiao, Gao Hui

(Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Da-naopo lead-zinc deposit is located in the transition zone between the southeastern margin of the Yangtze block and the xuefeng (jiangnan) orogenic belt. Orebodies of Da-naopo lead-zinc deposit are mainly layered and secondly vein-like in shape, and hosted within both the algal limestone of the third sub-member and the sand limestone of the fourth sub-member of the Lower Cambrian Qingxudong Formation. With the increase of exploration depth, how to improve the success rate of prospecting has been an urgent problem to solve. This paper summarizes the metallogenic model of the "HuaYuan type" Pb-Zn deposits. Based on previous research results and the characteristics of resistivity, polarizability and content of Pb and Zn, the prospecting model for Pb-Zn deposits has been established, and the rationality of the prospecting model has been verified by the exploration work in the Da-nao-po deposit. The prospecting model can provide a reference for exploration of Pb-Zn deposits in areas of western Hunan, western Hubei, and eastern Guizhou.

Key words: Da-naopo lead-zinc deposit; metallogenic model; Prospecting model