

云南白牛厂铅锌矿区综合信息 成矿预测及找矿前景

杨金富, 薛力鹏, 张贤峰, 李仕斌, 张荣伟

(云南省有色地质局地质地球物理化学勘查院, 昆明 650216)

摘要 为了圈定找矿靶区,文章对乐红铅锌矿床地质特征及成因进行了剖析,厘定出构造、地层、岩相、岩性等主要控矿因素;并提取了白牛厂矿区内有利的地质、物化探成矿信息,建立了乐红矿区外围(白牛厂地区)综合信息找矿模型。以GIS为平台,对白牛厂地区进行了综合信息成矿预测,最终圈定出2个I级找矿靶区和3个III级找矿靶区,并提出下一步找矿方向。

关键词 综合信息 找矿模型 成矿预测 找矿靶区 云南 白牛厂

中图分类号:P618.42;P618.43

文献标识码:A

文章编号:1674-7801(2016)03-0456-07

0 引言

白牛厂铅锌矿区位于鲁甸县乐红(洛洪)铅锌矿区外围西南缘,隶属于滇东北铅锌(银)成矿区之次级巧家白牛厂—昭通放马坝成矿带^[1-2]。区内大面积出露上震旦统灯影组二段地层(乐红铅锌矿赋矿层位),成矿条件和环境与乐红铅锌矿比较相似。该区理论上有一定的成矿前景,但近年实际找矿并不理想。本文通过剖析典型矿床(乐红铅锌矿床)的成因和控矿因素,厘出“必要和充分”成矿因素组合;以相似类比和异常致矿为理论基础,以GIS为平台,对白牛厂矿区内地、物、化多源信息进行优化处理,采用综合信息找矿方法,开展了成矿预测。希望本文提出的找矿线索及靶区,对下一步找矿有所帮助和启发。

1 典型矿床剖析

毗邻的乐红铅锌矿区与白牛厂矿区该区成矿条件及环境十分相似,且工作程度较高,可作为典型矿床为白牛厂矿区的成矿预测提供相似类比基础。

1.1 矿体特征

乐红铅锌矿床赋矿层位为上震旦统灯影组二段(Z_2dn^2),与构造成矿关系密切。

矿体均呈似层状、脉状及透镜状,除个别矿体产于灯影组白云岩层间剥离带中,多数矿体产于断层破碎带中及上下部位,构造控矿明显。其中II号矿体规模最大,铅锌金属量占矿区总储量90%以上,呈似层状多层产出,产于断层破碎带中上部;IV号矿体赋存于灯影组二段第二层(Z_2dn^{2-2})中上部白云岩层间剥离带中,呈似层状产出,与地层产状相似。乐红铅锌矿区各主要矿体特征见表1;其他矿体多呈脉状、透镜状产于断层破碎带上部或下部,产状与断层产状基本一致。

围岩蚀变发育,主要有黄铁矿化、重晶石化、白云石化、硅化和方解石化等,其中硅化、重晶石化及黄铁矿化与铅锌化关系密切,硅化与铅锌矿呈正相关关系,多交代灰质或呈细脉状产出。

矿石存在金属硫化矿物和氧化矿物两种类型,其中金属硫化矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿;金属氧化矿物主要有菱锌矿、褐铁矿。矿石结构有粒状、半自形、交代残余等结构;矿石构造主要有斑

[收稿日期]2015-09-08

[第一作者简介]杨金富,男,1968年生,硕士,高级工程师,从事地质矿产勘查与成矿预测研究工作。

[通讯作者简介]薛力鹏,男,1980年生,硕士,高级工程师,从事矿产勘查工作。

表 1 乐红矿区主要铅锌矿体地质特征简表

编号	产出层位	赋矿围岩	矿体形态	与构造关系	矿体倾向、倾角
I ₂	Z ₂ dn ²	白云质、钙质构造岩	脉状及透镜状	受构造破碎带控制	SE、70°~80°
II ₂	Z ₂ dn ²	白云质构造岩	似层状	受构造破碎带控制	NW、220°~250°
III	Z ₂ dn ²	白云质、灰质构造岩	透镜状	与断层产况一致	SE、50°~80°
IV	Z ₂ dn ²	白云岩	似层状、透镜状	产于层间剥离带	与地层产状一致

块状构造、浸染状构造、砂土状和皮壳状构造等。

1.2 控矿因素

任何矿床的形成和分布规律均受到特定地质因素控制,乐红铅锌矿床也不例外。通常把控制矿床形成和分布的各种地质因素称为控矿因素,下文将对乐红铅锌矿的主要控矿因素进行分析。

构造控矿:构造控矿显著,且矿化分布均与构造关系密切。通过乐红矿区内已知矿体的空间位置可知,矿体发育多受构造破碎带控制,少量受碳酸盐岩(白云岩)层间剥离带、裂隙控制。而碳酸盐岩型铅锌矿床成矿必要条件在于构造是否对赋矿岩体破坏形成流体运移的通道^[3],可见矿区构造发育情况是碳酸盐岩型铅锌矿成矿不可或缺的必要条件,该现象在乐红矿区更为显著。

滇东北地区主要的铅锌矿床(点)都沿北东向背斜—走向逆断层构造带分布而形成不同的矿带,矿床的富集受背斜—逆断层构造的次一级构造要素所控制^[2],乐红铅锌矿区亦是如此。通过分析可知,区内 F₂断层沿走向向北西延伸,可与北东导矿构造巧家莲峰断裂相通,在区内既是成矿液体通道,又为成矿提供了有利空间;最大矿体 II₂产出于该断层破碎带中,其他矿体多数产出于与之相交的其他断层破碎带中。可见,区内与成矿关系最为密切的是 F₂断层,这与前人认识^[4]相一致。因此与 F₂断层交汇的断层结合部位及其派生的次级构造带、层间剥离带、裂隙是最有利成矿空间。

地层控矿:通过研究乐红矿区内已知矿体可知,虽然绝大多数矿体产于构造破碎带中,但是多受灯影组地层(Z₂dn²)约束;即使个别矿体可能突破该层位的限制,但其成矿仍脱离不了灯影组地层对其的影响。此外,个别矿层赋存于灯影组地层层间剥离带、滑脱带及层间裂隙内。可见,灯影组地层发育与否,是成矿一个充分条件。

岩相控矿:在乐红矿区,本文对岩相与成矿关系

分析采取了忽略次要矛盾(因素),而抓住主要矛盾(因素)的思维,同时忽略构造对岩相的影响因素,可发现,矿化受碳酸盐相控制明显;这与前人对滇东北地区铅锌矿产分布与岩相关系的观点相符^[2,5-6]。

岩性控矿:乐红矿区内,无论产于构造破碎带中还是产出层间有利空间的铅锌矿(化)体,均与白云岩有直接关系。

1.3 矿床成因

前人对滇东北该类矿床成因做了大量研究,先后提出了沉积或沉积改造型^[5,7-9]、MVT 型^[10-12]观点及“构造—流体”成矿模式^[13]。虽然争议不断,但对乐红铅锌矿的成矿物质来源及构造控矿的认识渐趋一致。张自洋(2003)通过对乐红铅矿主矿体的铅硫同位素分析,得出²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 比值为 20.34,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 比值为 15.81,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 比值为 39.42,²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 比值为 1.29,认为矿质来源为非均一的壳源性^[7],这与张云新(2014)对乐红铅锌矿床硫化物硫同位素源区具典型壳源特征认识及闪锌矿样品中锗同位素比值暗示成矿物质来自壳源的认识趋于一致^[12],二者都暗示成矿所需的金属元素可能来自基底地层和沉积盖层,即所谓的“矿源层”。

而前者从主矿体中硫化物硫同位素中得出:以富重硫为特征,且 δ³⁴S 变化范围为 7.01‰~18.73‰,认为硫可能是海成的,来源于赋矿地层中的硫酸盐矿物^[7],后者通过对主矿体及围岩中的硫化物中硫同位素分析得到 δ³⁴S 值范围为 13.1‰~28.6‰,并提出硫来源于赋矿地层中海水硫酸盐的热化学还原作用^[12],二者对于成矿期金属硫化物中硫来源完全一致。

虽然不同学者对矿床成因持不同观点,即对成矿方式的认知无法趋于一致,但是对于成矿物质来源及最终成矿作用表现出的结果(显著的构造控矿性)认识是相同。

综合上述,乐红铅锌矿床的成矿机制可描述为:

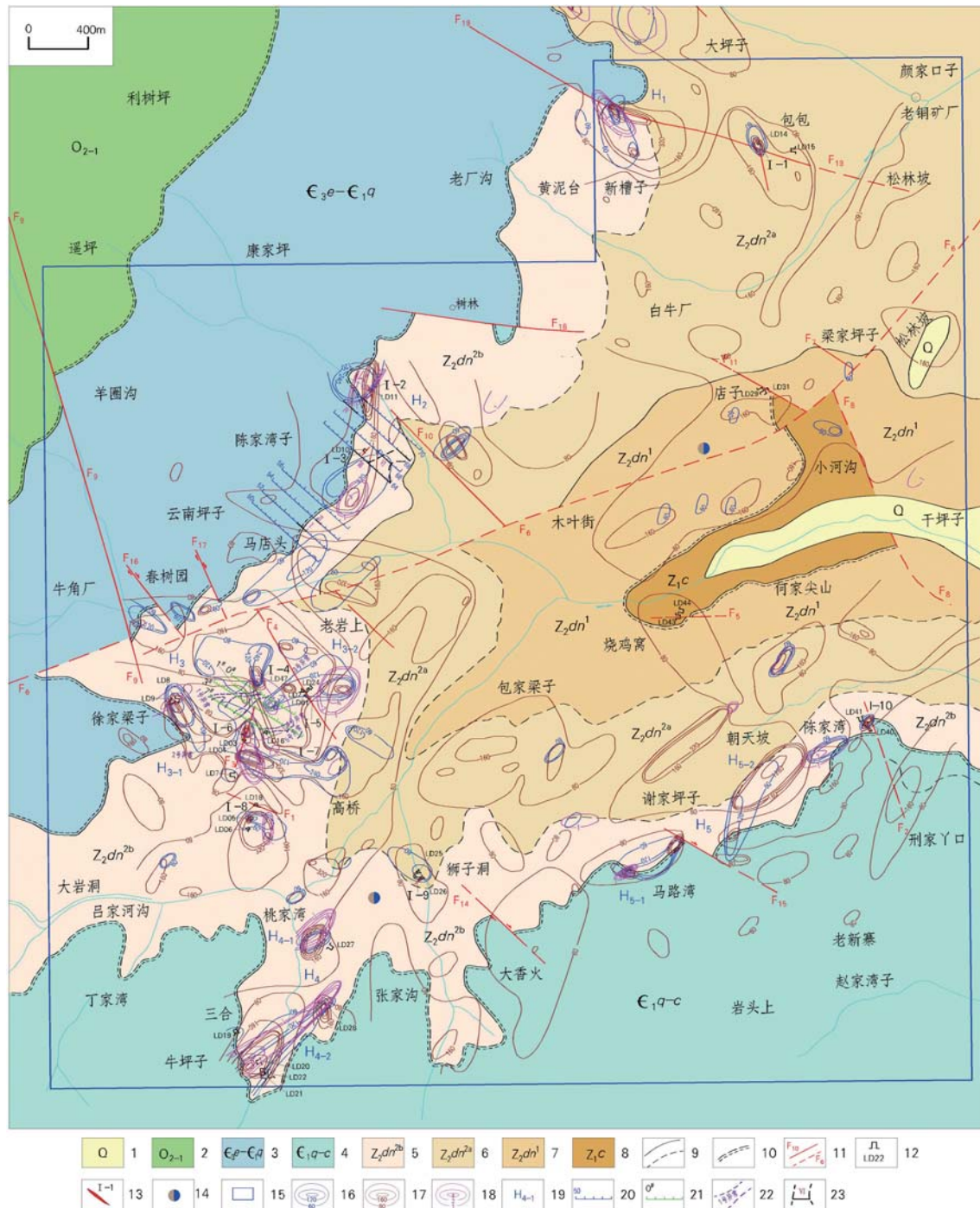


图1 白牛厂矿区地质、物化探综合异常图

1—第四系;2—奥陶系中一下统白云岩、石英砂岩、粉砂岩;3—寒武系上统二道水组至寒武系下统筲竹寺组白云岩、页岩、粉砂岩;4—寒武系下统筲竹寺至沧浪铺组页岩夹粉砂岩;5—震旦系上统灯影组上段中岩性段硅质白云岩;6—震旦系上统灯影组上段下岩性段灰质白云岩;7—震旦系上统灯影组下段白云岩;8—震旦系下统澄江组长石岩屑砂岩、长石石英砂岩;9—实测、推测地质界线;10—不整合地质界线;11—实测、推测断层及编号;12—老硐及编号;13—已知矿(化)体及编号;14—铅锌矿化点;15—预测区范围;16—Pb异常等值线;17—Zn异常等值线;18—Ag异常等值线;19—化探异常及编号;20—2014年物探(EH4)剖面及编号;21—2006年物探(EH4)剖面及编号;22—2006年物探(EH4)异常位置及编号;23—2014年物探(EH4)异常位置及编号

来自“矿源层”的金属元素,在成矿动力作用下,与赋矿地层中的还原硫,发生系列化学反应,在有利的成矿空间(以构造破碎带为主)沉淀、富集成矿。至于是成矿类型是沉积改造型还是 MVT 型等等,本文不再纠结于此。只要把握了成矿机制及成矿作用表现出来的结果,就能为下文的成矿预测提供成因层次的支持。

2 白牛厂矿区地学多源信息特征

有利的地质、地球物理、地球化学及遥感等综合信息特征提取,是进行综合信息成矿预测的基础工作,有利信息提取的准确性越高,成矿预测的结果越可靠^[14]。本文所涉及地学信息与成矿关系密切,且多被工程所验证,可靠性较高。

2.1 地质信息特征

本文所指的地质信息主要是指白牛厂矿区内与成矿息息相关的地层、岩性、构造、围岩蚀变等特征。

2.1.1 地层信息特征

白牛厂地区主要出露第四系、奥陶系中、下统、寒武系及震旦系地层(图1),由地层的容矿性统计(图2)可知,震旦系上统的灯影组上段(Z_2dn^2)地层中的第二亚段(Z_2dn^{2b})是最有利成矿地层,第一亚段(Z_2dn^{2a}),是另一有利成矿地层。

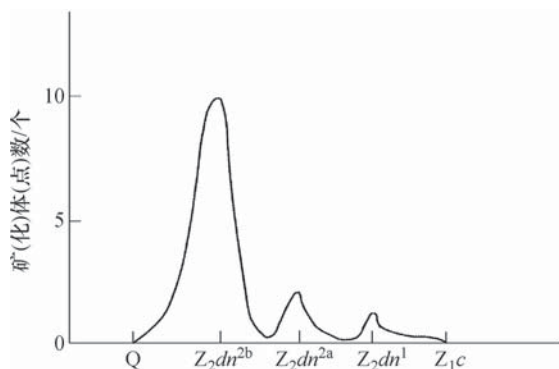


图2 白牛厂铅锌矿区地层含矿统计图

2.1.2 构造信息特征

白牛厂地区构造发育,大小断裂共19条,其中以横贯矿区北东向 F_6 断层为区内最主要的断层;其他多为 F_6 断层派生的次一级北西、北北西向平错断层及更次一级的顺层和穿层的小断层;为成矿流体运移和成矿物质的沉淀提供了通道和空间。笔者通过对白牛厂矿区内各断裂构造进行分析发现,该矿

区内最主要断层 F_6 (北东向)与乐红矿区内导矿(构造)断层 F_2 (北西向)相交。对比乐红矿区的 F_2 断层与成矿关系,我们可推断白牛厂矿区 F_6 断层可能为该区导矿及容矿构造,与次级断裂一起控制着区内铅锌矿化的分布。

结合白牛厂地区内实际构造情况,可知 F_6 断裂及与之相交次级断裂两侧破碎带、层间滑动带、剥离带、层间裂隙和 F_6 断裂与次级断裂交汇处是成矿有利位置,并作为下步成矿预测的必要因素。

2.1.3 围岩蚀变信息特征

区内围岩蚀变较弱,常见硅化、退色蚀变及重结晶化,其次为黄铁矿化。其中硅化、黄铁矿化与该区矿化关系密切,这与乐红矿区内蚀变特征相似。

2.2 地球物理信息特征

根据工作区内物探成果报告^[15]可知,区内共获得6个物探电磁法(EH4)异常,分别编号为I~VI号异常(图1);各异常位置及特征见表2。

此外,前人在区内马店头南约800 m处开展过电磁法(EH4)剖面测量,并圈出5个异常(图1),异常编号为1~5号,其中1~4号异常为找矿有望异常。

2.3 地球化学信息特征

据白牛厂矿区开展的1:2.5万构造原生晕测量结果,把其岩石地球化学特征、异常形态及组合特征,异常所处地质背景等,与会泽铅锌矿异常验证情况进行类比,可将异常分为两类,即甲类致矿异常和乙类矿或矿化异常(图1),矿区内共圈出甲类异常3个,乙类异常2个^[16],各异常特征见表3。

3 综合信息找矿模型的厘定

综合信息找矿模型是在矿床成因及控矿因素研究基础上,以地质体和矿产资源体为单元,研究地质、地球物理、地球化学等信息的统计性特征,研究直接找矿信息、间接找矿信息的关联及其信息间的转换规律,应用间接信息反映地质体和矿产资源体的综合信息特征,作为成矿预测的依据^[17]。通过对乐红铅锌矿床的地、物、化多源信息特征的充分分析并结合白牛厂地区的成矿条件,建立了乐红外围地区(白牛厂地区)的综合信息找矿模型(表4),以此模型为基础开展综合信息成矿预测。

通过对乐红铅锌矿床剖析,可知地层和构造因

表 2 白牛厂地区 EH4 异常特征简表

编号	位置	电阻率/ $\Omega \cdot m$	致异原因
I	52 号线上	500~1000、1300~1700	局部构造破碎带、裂隙及不整合面附近破碎岩石
II	54 号线上	1000~1500	白云岩局部破碎或裂隙
III	64 号线上	400~700	贫铅锌矿(化)体
IV	68 号线上	450~800	电磁干扰或后期改造矿化
V	70 号线上	1300~1750	白云岩中小规模破碎带或裂隙
VI	64~68 号线上	1000~1750	白云岩破碎或裂隙或可能为似层状铅锌矿(化)体

表 3 白牛厂地区元素组合异常特征简表

编号	异常类型	浓集中心	面积/ km^2	出露岩性	元素组合	形状特征
H ₁	乙类	新槽子北 200 m	约 0.1	泥岩、白云岩	Pb、Zn、Ag	面状
H ₂	甲类	树林西南 500 m	约 0.03	硅质白云岩	Pb、Zn、Ag	面状
H ₃₋₁	甲类	徐家梁子东 100 m	约 0.1	白云岩	Pb、Zn、Ag	带状
H ₃₋₂	甲类	老岩上南 200 m	约 0.2	白云岩	Pb、Zn、Ag	带状
H ₃₋₃	甲类	高桥西北 400 m	约 0.1	白云岩	Pb、Zn、Ag	带状
H ₄	甲类	桃家湾南 100 m	约 0.1	硅质白云岩	Pb、Zn、Ag	等轴面状
H ₅₋₁	乙类	马路湾	约 0.2	泥质白云岩	Pb、Zn、Ag	带状
H ₅₋₂	乙类	陈家湾南 100 m	约 0.7	泥质白云岩	Pb、Zn、Ag	带状

表 4 乐红外围地区(白牛厂地区)综合信息找矿模型

地质信息	信息特征	
地质标志	地层	灯影组上段第二亚段地层为主,第一亚段次之
	构造	F ₆ 断裂及与之相交次级断裂两侧破碎带、层间滑动带、剥离带、层间裂隙和 F ₆ 断裂与次级断裂交汇处
	围岩蚀变	硅化、黄铁矿化与该区矿化关系密切
地球物理标志	EH4 异常区	2014 年 I~VI 异常,尤其是 III、VI 异常 2006 年 1~4 号异常区
地球化学标志	元素异常结组合	甲类异常(H ₂ 、H ₃ 、H ₄)和乙类异常(H ₁ 、H ₅)
矿化标志	矿(化)体及矿点	区内已知矿(化)体及矿(化)点

素是成矿主导因素,围岩蚀变、物化探异常及已知矿化信息是有利因素。主导因素是根本,有利因素是辅助,相辅相成。但若预测区块内无主导因素,则视为成矿不利,说明在目前认识下找矿潜力不大。以此为基础,对目标区进行下述的综合信息成矿预测。

4 综合信息成矿预测

某矿床的形成一般受多种因素(主导因素、有利因素及不利因素)控制,多种因素的相互耦合及适应决定了矿床的形成。成矿预测是以成矿模式及

控矿组合要素研究为基础,以预测区内的地质、物探、化探等多源地学信息为条件,以综合信息找矿模型为框架,以 GIS 为平台,通过有利成矿信息相互关联,对目标区开展成矿预测研究。通过优化处理有用成矿的信息关联而得到综合信息叠合部位或浓集区,理论上可认为是成矿可能性最大的空间地段。

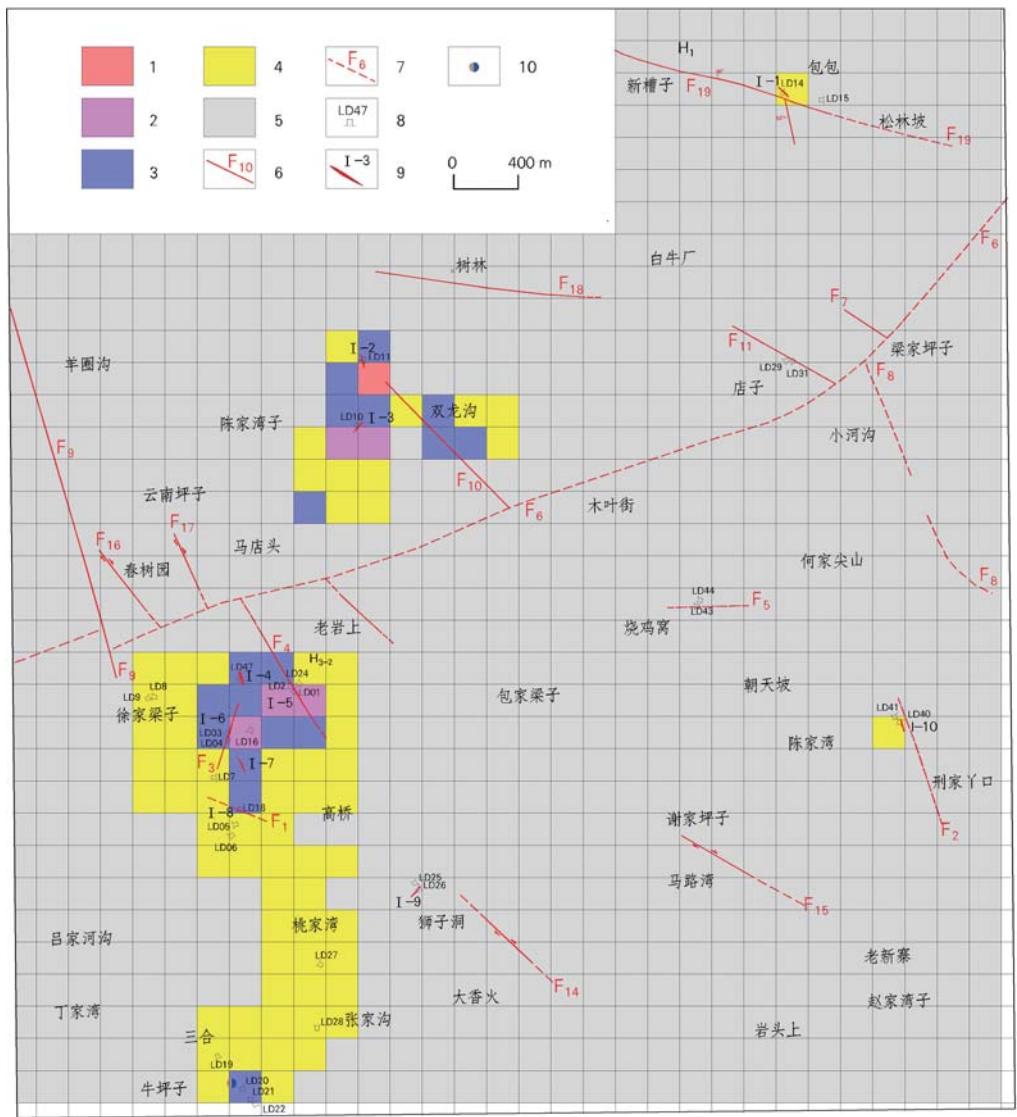
本次成矿预测以 1:1 万地质及物、化探综合异常图为底图,进行大比例尺的矿区范围内的成矿预测,预测区面积约 38 km²。根据定量化成矿预测要求,对白牛厂地区进行了地质统计单元的划分,综合考虑各地质因素、成矿必要条件和成矿有利条件,最

终确定地质统计单元的大小为 200 m×200 m,整单元格总数 922 个。在综合信息找矿模型框架下,提取出了灯影组上段第二亚段及第一亚段、与断裂 F_6 相关的系列构造因素、EH4 物探异常、元素组合 (Pb、Zn、Ag) 化探异常、围岩蚀变为地质变量,并对变量进行二态赋值,即单元格中变量存在则赋值 1,若不存在则赋值 0。通过 GIS 工具对上述多源地学信息进行空间叠加,得到白牛厂地区综合成矿信息得分图(图 3)。从图 3 可知白牛厂地区内有 5 个综合信息得分较好的区块,分别是双龙沟、马店头、老

岩上、徐家梁子、桃家湾—牛坪子,并对上述 5 个预测区进行了相应的靶区分级,分级原则如下:

I 级:综合信息得分 ≥ 5 ,区块含有已发现或详查级工程控制的露头矿或隐伏矿,且成矿主导因素全部存在,预示在已知矿的深部或外围仍具有较好的找矿远景。

II 级:综合信息得分 ≥ 4 分,具有良好的成矿地质背景,有致矿或矿化物、化探异常,部分预测块段内已发现矿化信息,且成矿主导因素全部存在,预示深部可能存在隐伏矿体,将来工作需要验证及重



点勘查区域。

Ⅲ级:综合信息得分 ≥ 3 分,考虑有利成矿信息的不均衡性,去掉物化探信息,地质信息得分不少于2分(成矿主导因素部分存在),具有良好的成矿条件,但因勘查程度相对较低,综合信息得分不太高,可作为下一步开展工作的补充区域。

据上述分级原则,本次圈出Ⅰ级靶区2个,即双龙沟、老岩上靶区,是下步主要找矿方向;Ⅱ级靶区0个;Ⅲ级靶区3个,即马店头、徐家梁子、桃家湾—牛坪子靶区,其中徐家梁子为下步优先补充工作区块。此外,个别预测单元格虽然得分较高,但区域较小,且成矿主导因素不全,就没有把它们圈成靶区,但可作为下步找矿工作线索。

上述成矿预测效果如何,需开展下步工作去验证。但从图3中可以看出,多数已知矿(化)体、矿(体)点处于得分最高或较高的单元格内,说明地质变量的赋值比较准确,地质单元的划分相对较合理,预测结果符合客观规律。

由于笔者水平有限,文中可能存在认识不足之处,希望读者指正、批评。

参考文献

- [1] 张翼飞,范承钧,秦德厚,等. 中华人民共和国云南省区域矿产总结[R]. 云南省地质矿产局,1993.
- [2] 李家盛. 滇东北铅锌矿成矿条件与成矿预测[M]. 昆明: 云南科技出版社,2011.
- [3] 高坪仙. 碳酸盐型铅锌矿床成矿的构造制约因素和条件[J]. 国

- 外前寒武纪地质,1996(2):39-42.
- [4] 周云满. 滇东北乐红铅锌矿床地质特征及找矿远景[J]. 地质地球化学,2003(4):16-21.
- [5] 柳贺昌,林开达. 滇东北铅锌银矿床规律研究[M]. 昆明: 云南大学出版社,1999.
- [6] 郭欣. 滇东北地区铅锌矿床成矿作用与成矿规律[D]. 中国地质大学博士学位论文,2011.
- [7] 张自洋. 乐红铅锌矿床地质与成因分析[J]. 云南地质,2003,22(1):97-106.
- [8] 陈示杰. 黔西滇东北铅锌矿成因探讨[J]. 贵州地质,1986,3(3):211-222.
- [9] 张位及. 试论滇东北铅锌矿床的沉积成因和成矿规律[J]. 地质与勘探,1984,(7):11-16.
- [10] 张长青. 中国川滇黔交界地区密西西比型(MVT)铅锌矿床成矿模型[D]. 北京: 中国地质科学院,2008.
- [11] 王奖臻,李朝阳,李泽琴,等. 川滇地区密西西比河谷型矿床成矿地质背景及成因探讨[J]. 地质地球化学,2001,29(2):41-45.
- [12] 张云新,吴越,田广,等. 云南乐红铅锌矿床成矿时代与成矿物质来源: Rb-Sr 和 S 同位素制约[J]. 矿物学报,2014,34(3):305-311.
- [13] 韩润生,胡煜昭,王学琨,等. 滇东北富钴银铅锌多金属矿集区矿床模型[J]. 地质学报,2012,86(2):681-688.
- [14] 薛力鹏,沈良,蒲利国,等. 云南毛坪铅锌矿区外围(龙街地区)综合信息成矿预测[J]. 矿产与地质,2015,(4):172-177.
- [15] 云南省有色地质局地质地球物理化学勘查院. 云南省巧家县白牛厂铅锌矿物探电磁法(EH4)勘查成果报告[R]. 2014.
- [16] 云南省有色地质局地质地球物理化学勘查院. 云南省巧家县白牛厂铅锌矿普查阶段总结[R]. 2014.
- [17] 王世称,陈永良,夏立显. 综合信息矿产预测理论与方法[M]. 北京: 科学出版社,2000:1-15.

Metallogenic prognosis based on comprehensive geo-information in the Bainiuchang Pb-Zn ore field, Yunnan

YANG Jin-fu, XUE Li-peng, ZHANG Xian-feng, LI Shi-bin, ZHANG Rong-wei

(Geological, Geophysical & Geochemical Exploration Institute of Yunnan Bureau of Geological Exploration for non-ferrous Metals, Kunming 650216)

Abstract: For outlining prospective targets, the geological feature and genesis of Leihong Pb-Zn deposit were analyzed, and the ore-controlling factors including structure, strata, lithofacies were delineated. The favorable metallogenic information including geological, geophysical, and geochemical information in Bainiuchang deposit area was extracted to establish comprehensive geo-information prospecting model in Leihong ore deposit. Finally, two Grade I and three Grade III prospecting targets were delineated and next prospecting direction was proposed based on metallogenic prognosis in Bainiuchang area by GIS platform.

Key words: comprehensive geo-information, prospecting model, metallogenic prognosis, prospective targets, Bainiuchang, Yunnan