

Geological Characteristics and Prospecting Prospects of Layer-Controlled Fully Concealed Lead-Zinc Deposits in Yangjiazhai, Northwestern Hunan

Lingbang He¹, Gonggu Fu^{2*}, Shaoxiang Yang¹

¹Hunan Province Geology and Mineral Exploration and Development Bureau 405 Geological Team, Jishou Hunan

²Geological Bureau of Hunan Province, Changsha Hunan
Email: *fugonggu@163.com

Received: Apr. 26th, 2020; accepted: May 11th, 2020; published: May 18th, 2020

Abstract

The Yangjiazhai lead-zinc deposit in western Hunan is one of the recently discovered large-scale lead-zinc deposits. In this article, the metallogenic geological background, mining strata, mining structure, ore body characteristics, ore structure characteristics of algal limestone in ore-bearing strata, the relationship between algal limestone and lead-zinc mineralization are introduced in detail. The geological prospecting method for such layer controlled full concealed deposits is discussed, from the direct basis and indirect basis, the prospecting prospects of the mining area periphery are analyzed, indicating great prospecting potential.

Keywords

Yangjiazhai in Western Hunan, Layer Controlled Fully Concealed Lead-Zinc Deposit, Geological Characteristics, Prospecting Potential

湘西北杨家寨层控型全隐伏铅锌矿床地质特征及找矿前景

贺令邦¹, 符巩固^{2*}, 杨绍祥¹

¹湖南省地质矿产勘查开发局405队, 湖南 吉首

²湖南省地质院, 湖南 长沙

*通讯作者。

Email: fugonggu@163.com

收稿日期: 2020年4月26日; 录用日期: 2020年5月11日; 发布日期: 2020年5月18日

摘要

湘西北地区龙山-凤凰铅锌成矿带是国内重要的铅锌资源基地。杨家寨铅锌矿床则是该成矿带4大铅锌矿田之一的花垣矿田所属矿床,亦是该成矿带近期新发现、探明的大型铅锌矿床。作者作为该矿床勘查工作的全程参与者,试图从研究和总结该矿床的区域成矿地质背景、矿区地质特征、矿体特征、矿石结构特征、含矿岩层藻灰岩特征及其与铅锌矿化的关系等方面入手,探究此类矿床的成因类型,并就如何取得该类层控型全隐伏矿床的直接的、高效的地质找矿方法进行探讨。利用在勘查杨家寨铅锌矿床过程中所获取的从直接或间接的找矿依据,深入地分析了矿区外围铅锌矿的找矿前景,研究认为本地区铅锌矿的找矿潜力是巨大的。

关键词

湘西北杨家寨,层控型全隐伏铅锌矿床,地质特征,找矿前景

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

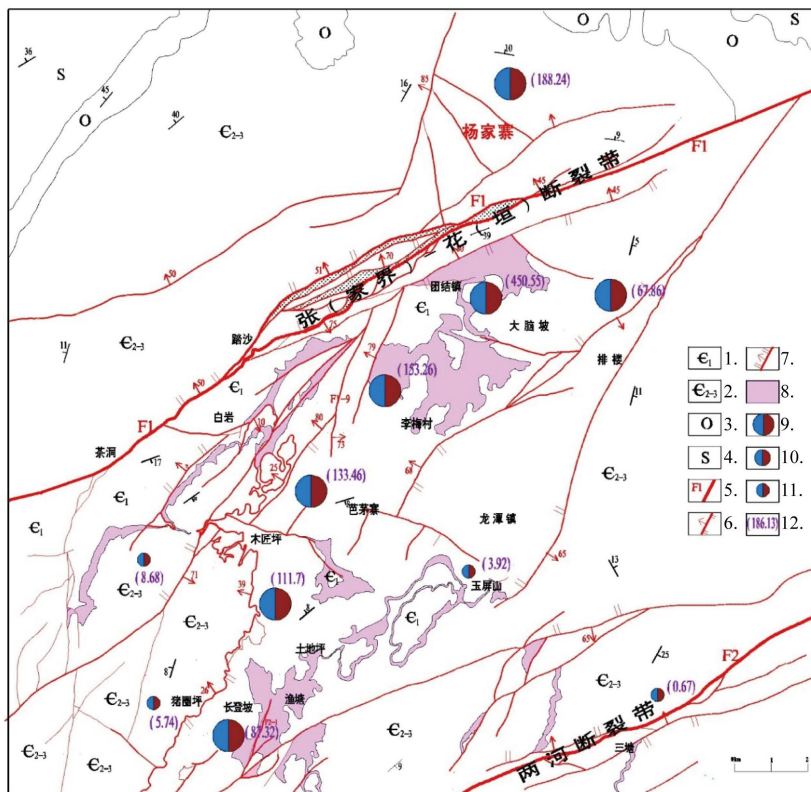
铅锌矿资源是我国国民经济可持续发展的重要保障。尽管铅锌是我国优势矿种,但近几十年的大量开采,我国铅锌保有资源储量迅速下降,其中铅和锌的资源储量分别以每年 1.18% 和 1.36% 的幅度递减,导致我国正在逐渐失去铅锌资源在全球的优势地位[1] [2] [3] [4],近十年消耗量居世界首位,对外依存度已高达 25% 以上[5]。近年来,湘西北地区的铅锌找矿工作取得了巨大突破,有望成为世界级铅锌资源基地[6] [7],显示该铅锌成矿带具有良好找矿前景[8] [9] [10]。杨家寨铅锌矿床系湘西北地区花垣铅锌矿田所属矿床之一。对于花垣铅锌矿田的成因,人们一直存在较大争议,主要有沉积成岩型[11]、沉积改造型[12] [13]、密西西比河谷(MVT)型[14] [15]和浅成低温热液层控型[16],这些成因由于存在差异在一定程度上制约了该区的找矿工作[17]。为此,本文作者在总结杨家寨铅锌矿床地质特征的基础之上,结合找矿实际,对其成因进行了比较深入客观的研究,认为该矿床属于层控型全隐伏的低温热液型铅锌矿床。该矿床矿体的平均厚度 3.39 m, Pb + Zn 平均品位 2.79×10^{-2} (湖南省确定的最低工业品位为 Pb + Zn 1.5×10^{-2})。铅锌资源量 184.82 万吨[18]。杨家寨铅锌矿具有“大吨位、低品位、易采选”的特征,此类矿床的开采开发将发挥较大的社会和经济价值。

2. 区域地质背景

湘西北花垣铅锌矿田位于湘西-鄂西铅锌多金属成矿区带的湖南张家界-贵州铜仁找矿远景区之花垣-张家界断裂南部,其大地构造位置处于上扬子地块东南边缘。该成矿区带是中国地质调查局确定的全国 16 处重点矿产资源调查评价地区之一[19],花垣铅锌矿田也是全国铅锌矿整装勘查区之一,而杨家寨铅锌矿床的勘查成果的取得也是湘西北花垣矿田铅锌矿整装勘查又一成功范例。

在区域上, 本区为一套沉积岩 - 浅变质的沉积岩分布区。地层除缺失石炭系、三叠系、侏罗系、第三系外, 自新元古界青白口系至第四系均有分布, 其中以寒武系发育最为完整, 分布最广泛。除白垩系、第四系为陆相地层外, 其余均为海相地层。受区域构造控制, 地层呈北北东 - 北东向展布。

本区区域构造相对较为简单, 以断裂构造为主。区域断裂构造则以发育北东 - 北北东向断裂为特征, 主要有张家界 - 花垣深大断裂、两河断裂等(图 1)。



1-寒武系下统; 2-寒武系中上统; 3-奥陶系; 4-志留系; 5-主干断层编号; 6-逆断层; 7-正断层; 8-铅锌矿含矿岩层; 9-大型铅锌矿; 10-中型; 11-小型; 12-Pb+Zn 万吨。

Figure 1. Regional geological map of Yangjiazhai lead-zinc mine
图 1. 杨家寨铅锌矿区域地质简图

张家界 - 花垣断裂: 由五条规模较大的断层组成。走向北东, 在区域附近的保靖地段走向逐渐变为北东东向, 呈弧形弯曲, 为张扭性断裂带。主断面倾向北西, 倾角 60~70°, 破碎带宽 10~100 m, 地层断距大于 100 m。具多期活动特征, 为一震旦纪控相、寒武纪控矿的区域性深大断裂。沿断裂带有热泉、地裂、地震等新构造活动迹象, 推测它与花垣铅锌矿田成矿作用关系密切。

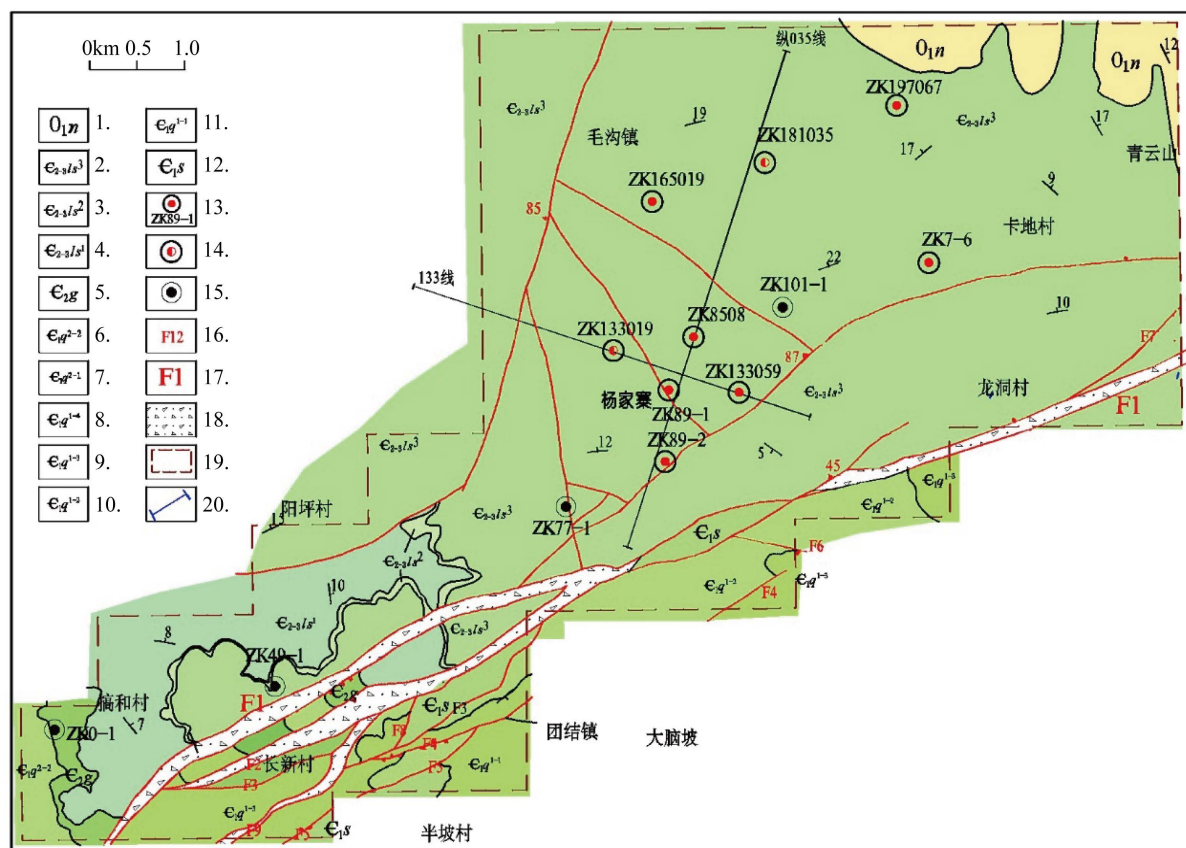
两河断裂带: 该断裂带大致呈走向北东东 75°方向。断裂带所经之处主要切割寒武系下统石牌组、清虚洞组以及中上统娄山关群地层, 下部岩层寒武系下统石牌组砂质页岩、寒武系下统清虚洞组下段第二亚段薄层灰岩组砂质页岩形成揉皱构造沿破碎带冲出地表。与两河断裂伴生有五条小断层, 并形成有两个构造断块构造。出露断层破碎带宽约 20 m, 断面倾向不明, 南东盘上升, 北西盘下降, 显多次活动断层特征。

区内矿产以铅锌为特色。主要分布有杨家寨(铅锌资源量 184.82 万吨)、排楼(67.86 万吨)、大脑坡(450.55 万吨)、李梅(153.26 万吨)、芭茅寨(133.46 万吨)、土地坪(111.70 万吨)、长登坡(87.32 万吨)等铅

锌矿床，各矿床大致呈北北东向排列。除杨家寨铅锌矿床分布在张家界 - 花垣断裂以北外，其他均分布在该断裂以南(图 1)。

3. 矿床地质特征

矿区位于区域性的张家界 - 花垣断裂带之北(图 2)，面积 52.03 km²。地表为寒武系娄山关组上部白云岩，西部山谷见少量高台组泥质白云岩和清虚洞组上段白云岩，构造线及岩层走向均呈北东向展布，为一倾向北西的单斜构造，断裂少。矿床属层控矿床，含矿岩层为深隐伏的寒武系下统清虚洞组下段第三、第四亚段厚 - 巨层礁灰岩体，埋深 170.41~1408.98 m，平均 856.42 m。



1-奥陶系下统南津关组；2-寒武系中上统娄山关组三段；3-娄山关组二段；4-娄山关组一段；5-寒武系中统高台组；6-寒武系下统清虚洞组上段第二亚段；7-清虚洞组上段第一亚段；8-清虚洞组下段第四亚段；9-第三亚段；10-第二亚段；11-第一亚段；12-寒武系下统石牌组；13-见矿钻孔及编号；14-矿化钻孔；15-无钻编号；16-小断层编号；17-大断层编号；18-断层破碎带；19-矿区范围；20-勘探线剖面。

Figure 2. Geological map of Yangjiazhai lead-zinc mining area

图 2. 杨家寨铅锌矿区地质图

3.1. 地层(表 1)

杨家寨铅锌矿区地层表见表 1。

3.2. 构造

矿区构造简单，为一倾向北西的单斜构造(图 3)。岩层产状一般倾向 300~80°，倾角 6~12°。

区域性大断裂花垣 - 张家界断裂带经过矿区南东侧，所经过之处，断裂构造发育。以花垣 - 张家界

断裂带为界，矿区北西一侧，断裂构造简单，以北东 - 北东东向为主，大多为花垣 - 张家界断裂带的次级构造。大小有 18 条断层，其中有 F1~F9 等断层组成矿区内的花垣 - 张家界断裂带(图 2)。

Table 1. List of algal limestone and lead-zinc mineralization in Yangjiazhai lead-zinc mining area

表 1. 杨家寨铅锌矿区地层表

系	统	组段	厚度(m)	地层代号	主要岩性	含矿性
第四系			0~12	Q	黄褐色粘土、亚粘土、碎石土。	
奥陶系	下统	南津关组	255~380	O _{1n}	灰、浅灰色厚 - 巨厚层状亮晶砂屑灰岩夹厚层生物屑泥晶灰岩、亮晶生物屑砂屑灰岩、亮晶藻屑藻团粒灰岩，亮晶砂屑云质灰岩，局部夹中厚层粉晶云质灰岩。	
	上统	娄山关组第三段	大于 578 m	∈ ₂₋₃ ls ³	浅灰色厚 - 巨厚层砾屑云岩、砂砾屑云岩、砂屑云岩、中厚 - 厚层细 - 粗晶云岩、纹层状云岩。	
		娄山关组第二段	2~20.36	∈ ₂₋₃ ls ²	灰色、灰绿色薄 - 中层纹层状泥质云岩	
	中统	娄山关组第一段	320~397	∈ ₂₋₃ ls ¹	灰色、浅灰色厚 - 巨厚层砾屑白云岩、砂屑白云岩、粉 - 细晶白云岩，夹纹层状细晶白云岩。	
		高台组	15~53.84	∈ _{2g}	深灰色、灰黑色泥晶泥质白云岩、深灰色粉晶含泥质条带白云岩，或含泥质斑块状白云岩。	
		清虚洞组上段第二亚段	67~86	∈ _{1q} ²⁻²	米黄色含云母片和石英粉砂的纹层状云岩、灰色夹深灰色纹层状云岩。	
寒武系		清虚洞组上段第一亚段	20~72	∈ _{1q} ²⁻¹	灰黄色纹层状泥质白云岩、灰 - 深灰色薄 - 中层泥晶砂砾屑云岩夹少量灰黄色纹状白云岩、灰 - 深灰色层纹状云岩和层纹石云岩夹砂屑灰岩。	
		清虚洞组下段第四亚段	48~79	∈ _{1q} ¹⁻⁴	灰色 - 浅灰色厚 - 巨厚层状砂(藻)屑灰岩、含云质砂屑灰岩、细 - 粉晶灰岩，底部和顶部为鲕(核形石)粒灰岩、次要含矿层含鲕粒砂屑灰岩。	
	下统	清虚洞组下段第三亚段	99~145	∈ _{1q} ¹⁻³	灰 - 浅灰色巨厚层状泥晶 - 细晶藻灰岩、灰色厚 - 巨厚层状亮晶藻屑灰岩和砂屑灰岩。	主要含矿层
		清虚洞组下段第二亚段	100~120	∈ _{1q} ¹⁻²	浅灰色巨厚层灰岩、深灰色薄层 - 中层含泥质粉砂屑灰岩；上部为深灰色薄至中层含泥质细砂屑灰岩、粗砂屑灰岩、砂砾屑灰岩、砂砾屑核形石灰岩、鲕粒灰岩。含白云质斑块状泥晶藻屑砂屑灰岩	
		清虚洞组下段第一亚段	50~95	∈ _{1q} ¹⁻¹	深灰色薄层含泥质泥晶灰岩与极薄层含陆屑泥晶云质灰岩，夹中至极薄层粉砂屑灰岩。	
		石牌组	大于 50m	∈ _{1s}	灰色页岩	

3.3. 矿体特征

矿体呈似层状、透镜体状顺层产出，总体产状平缓，倾角 2~10°。分布有五层铅锌矿体。

矿区共圈定 15 个铅锌矿体，其中大型(长大于 800 m、延深或宽大于 500 m) 4 个，中型 2 个。主矿体(铅锌金属量超过 15 万吨)有 4 个。

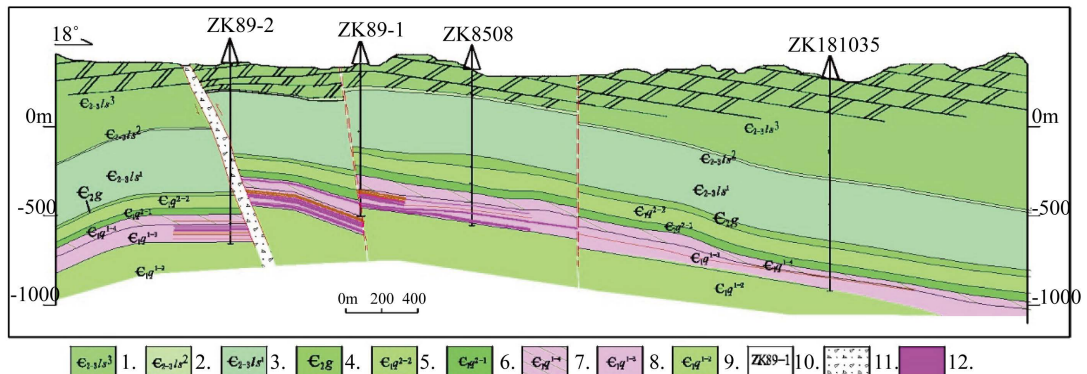
单矿体厚度为 1~8.81 余米，一般厚为 3~5 m 左右，垂直方向 6 个部位的矿体厚度无明显变化规律。

单工程锌品位为 0.7~7.83 × 10⁻²，一般为 1.5~4 × 10⁻²，单工程铅品位为 0~2.02 × 10⁻²，一般为 0.1~0.5 × 10⁻²。

3.4. 矿石结构及其化学成分特征

杨家寨铅锌矿区的矿石结构以自形 - 半自形晶粒结构为主，少量交代结构、交代残余结构、交代假

象结构、包含结构、填隙结构、草莓状结构等。



1-寒武系中上统娄山关组三段; 2-娄山关组二段; 3-娄山关组一段; 4-寒武系中统高台组; 5-寒武系下统清虚洞组上段第二亚段; 6-清虚洞组上段第一亚段; 7-清虚洞组下段第四亚段; 8-第三亚段; 9-第二亚段; 10-钻孔编号; 11-断层破碎带; 12-矿体。

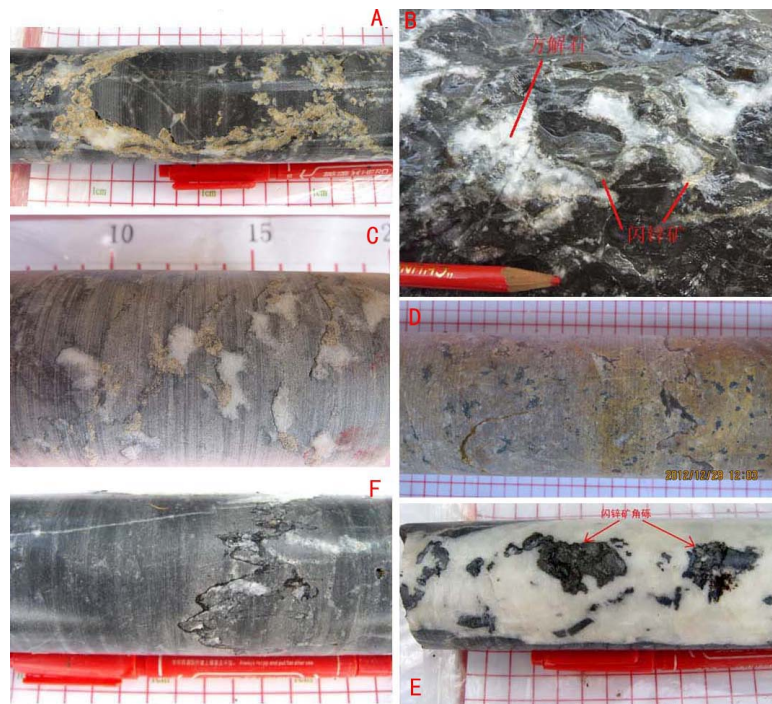
Figure 3. Geological section of the vertical 035 exploration line of the lead-zinc mine in the mining area

图 3. 矿区铅锌矿纵 035 勘探线地质剖面图

矿区的矿石构造主要有花斑状构造、环带状构造、斑点状构造、细脉状构造、角砾状构造等。

1) 花斑状构造

由淡黄色闪锌矿细斑点聚集成不规则团块状、细脉状、星点状组成的花斑状图案。局部可见有乳白色不规则团块状(10~20 mm)方解石脉体边缘有闪锌矿斑点分布(图 4(A))。



A-花斑状构造; B-环带状构造; C-斑点状(闪锌矿)构造; D-斑点状(方铅矿)构造; F-细脉状构造; E-角砾状构造。

Figure 4. Yangjiazhai lead-zinc ore structure

图 4. 杨家寨铅锌矿石构造

2) 环带状构造

淡黄色闪锌矿围绕不规则团块状方解石脉分布形成环带状构造(图 4(B)), 在矿区分布较普遍。

3) 斑点状构造

闪锌矿和方铅矿呈斑点状星散分布于岩石中(图 4(C)闪锌矿、图 4(D)方铅矿), 浅黄色斑点状闪锌矿和乳白色斑点方解石脉较均匀的分布于深灰色灰岩中。斑点大小约 10 mm 左右, 且闪锌矿斑点一般分布于方解石斑点的边缘。岩石中缝合线构造较发育。方铅矿呈灰黑色(具轻微氧化), 大颗粒(10 mm)呈多边形形状, 小颗粒的呈 2~4 mm 大小的斑点状, 分布零星。

4) 细脉状构造

脉状-细脉状分布的闪锌矿与缝合线构造发育关系密切。岩石中缝合线构造发育, 在这些锯齿状缝合线构造中只有那些较粗的缝合线裂隙中充填有闪锌矿。浅黄色闪锌矿集合体呈斑点状或细脉状沿缝合线边缘分布, 或充填其中(图 4(F))。有的闪锌矿呈一条宽 1.5~3 cm 矿脉平行岩芯分布, 矿脉略显弯曲, 矿脉体中间见有乳白色方解石呈不规则斑点状分布, 矿脉体穿切岩层层理明显, 脉体围岩中缝合线构造发育。

5) 角砾状构造

在规模较大的乳白色方解石中残留一些闪锌矿集合体构成的角砾, 这些角砾大小不一, 大的砾径 30~50 mm, 边缘浑圆, 形态很不规则, 在闪锌矿角砾中, 分布有一些不规则斑点状乳白色方解石脉; 小的砾径 3~15 mm, 棱角分明, 星散分布于岩石中(图 4(E))。

矿物共生组合一般比较简单, 其共生组合为方解石-闪锌矿-方铅矿-黄铁矿组合, 及方解石-重晶石-闪锌矿(方铅矿)-(黄铁矿)组合等。

矿物生成顺序为微细晶方解石(围岩)→细粒黄铁矿→自形晶闪锌矿→方铅矿→他形晶闪锌矿→重晶石→粗晶方解石(粗晶白云石)。

经分析, 矿石主要化学成分为 $\text{CaO } 49.31\sim 53.0 \times 10^{-2}$ 、 $\text{MgO } 0.14\sim 0.93 \times 10^{-2}$ 、 $\text{SiO}_2 0.16\sim 0.96 \times 10^{-2}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 0.34\sim 0.88 \times 10^{-2}$ 、 $\text{Fe } 0.05\sim 0.28 \times 10^{-2}$ 。矿石主要有用组份主要为 Zn、Pb 等。

Zn 主要以闪锌矿单矿物的形式存在, 基本分析 Zn 品位一般 $2\sim 3 \times 10^{-2}$ 左右, 平均 2.12×10^{-2} , 品位变化幅度微小; Pb 主要以方铅矿单矿物的形式存在, 基本分析 Pb 品位一般 $0.14\sim 2.02 \times 10^{-2}$, 平均 0.6×10^{-2} , 品位变化较大。

其他有用组分如 Cd 品位为 $0.012\sim 0.03 \times 10^{-2}$, 平均 0.02×10^{-2} ; Ag 品位为 $2.5\sim 7.5 \times 10^{-6}$, 平均 4.375×10^{-6} ; Se 品位为 $0.002\sim 0.01 \times 10^{-2}$, 平均 28.65×10^{-6} 。此三者均达到了综合利用品位标准。

4. 含矿岩层特征

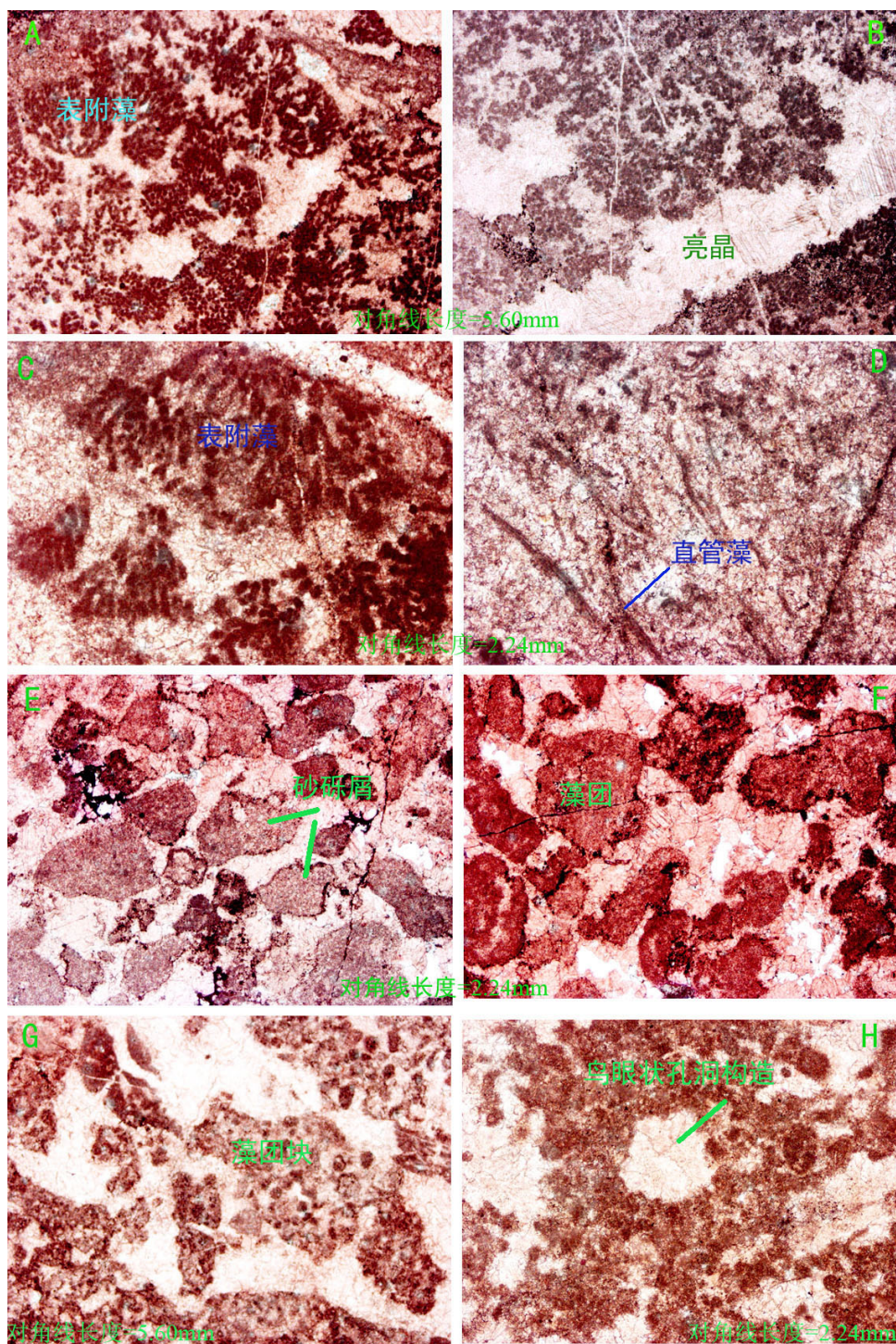
4.1. 藻灰岩特征

矿区铅锌矿化受层位、岩性、岩相控制。含矿岩层为清虚洞组下段第三亚段与第四亚段, 主要岩性为厚层-巨厚层藻灰岩、鲕粒灰岩、砂屑灰岩等。

第三亚段: 为铅锌矿床主要含矿岩层。主要岩性为灰-浅灰色巨厚层状(或块状层)泥晶-细晶藻灰岩(图 5(A)~(D)), 底部和上部夹灰色厚-巨厚层状亮晶藻屑灰岩和砂屑灰岩(图 5(E)~(H))等, 具质纯、性脆、成层厚度大等特征。厚度 99~145 m。岩石中鸟眼藻腐孔或压溶缝合线孔隙斑状方解石脉发育。藻灰岩中主要藻类及生物有表附藻、直管藻、肾形藻、薄蒂维尼藻、尼科尔森藻、上射小波托曼藻、葛万藻、斑点藻、隐藻、少量凯内拉藻等。

第四亚段: 铅锌矿床次要含矿岩层。主要岩性为: 灰色-浅灰色厚-巨厚层状砂(藻)屑灰岩、含云质

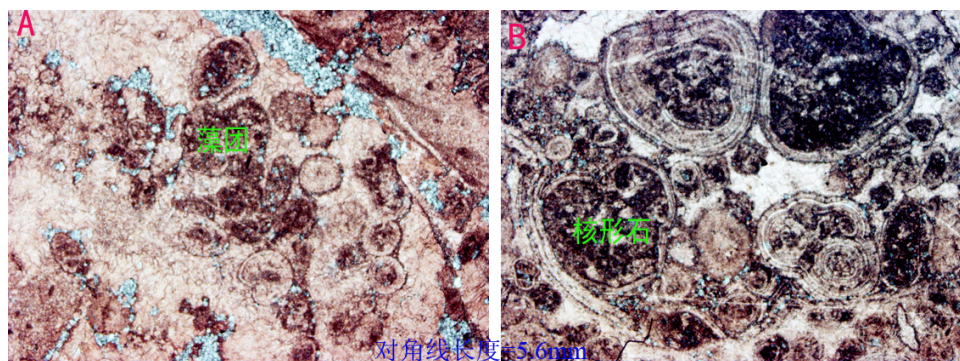
砂屑灰岩、细-粉晶灰岩，底部和顶部为鲕(核形石)粒灰岩(图 6(A)、图 6(B))、含鲕粒砂屑灰岩，底部为一套厚 0~7 m 的亮晶鲕粒(核形石)灰岩、假鲕粒灰岩。厚度 48~79 m。



A-表附藻灰岩(藻坪主体); B-表附藻灰岩中的亮晶; C-直管藻表附藻灰岩中的表附藻; D-直管藻表附藻灰岩中的直管藻; E-F-亮晶砂砾状藻团灰岩; G-H-泥晶藻团藻屑灰岩。

Figure 5. Algal limestone

图 5. 藻灰岩



A-B-亮晶晶晶核形石藻团灰岩。

Figure 6. Algal limestone

图 6. 藻团灰岩

铅锌矿体基本上皆产于灰岩段内，并且又明显受该岩性段内的藻礁灰岩的控制，据统计，90%以上的矿石和全部较大的矿体都赋存在藻灰岩中。铅锌矿与藻灰岩的关系如此密切，显然与它本身所具备的物化性质有关。矿体的产出与岩层的厚度、岩石分布范围广泛与否，以及所处的层序位置等条件也有一定的关系。据矿区见矿的钻孔资料统计，在矿体集中地段，藻灰岩的厚度一般都大于 116 m。藻灰岩的孔隙度居全区岩石之冠，而且在层序上又在鲕粒 - 砂屑灰岩之下，自深部向上迁移的矿液首先经过藻灰岩层，然后才到达颗粒灰岩层，但当其流经前者时，就遇到了十分理想的容矿空间条件，于是，交代和沉淀作用便随之发生，决不可能无故舍近求远，摒弃藻灰岩而集中到颗粒灰岩中去成矿。由于藻灰岩本身具备了最有利的成矿条件，而且在层序上处于优先接受矿液停留沉淀的位置，所以它成为矿床的主要容矿层决不是偶然的。

表 2 显示了矿区寒武系下统清虚洞组下段第三亚段与第四亚段藻灰岩厚度、铅锌矿化厚度、米百分率(厚度与品位之积)的数据。

图 7 反映了藻灰岩厚度与铅锌矿化厚度变化曲线，说明二者之间为正比关系。

Table 2. List of algal limestone and lead-zinc mineralization in Yangjiazhai lead-zinc mining area

表 2. 杨家寨铅锌矿区藻灰岩与铅锌矿化情况一览表

序号	钻孔号	藻灰岩厚度 m	矿化厚度 m	Pb 米百分率	Zn 米百分率
1	ZK0-1	46.23	0.00	0.00	0.00
2	ZK7-6	116.72	1.28	0.31	2.59
3	ZK49-1	0.00	0.00	0.00	0.00
4	ZK8508	169.91	19.22	31.33	10.57
5	ZK89-1	228.90	22.56	31.13	5.87
6	ZK89-2	155.49	13.46	19.92	5.52
7	ZK77-1	132.46	0.00	0.00	0.00
8	ZK101-1	116.24	0.80	0.56	0.02
9	ZK133019	109.70	1.21	0.74	0.04
10	ZK181035	144.00	2.20	1.33	0.04
11	ZK165019	154.44	6.61	7.60	1.78
12	ZK197067	142.20	10.60	27.88	2.33
13	ZK133059	196.17	16.37	33.07	5.07

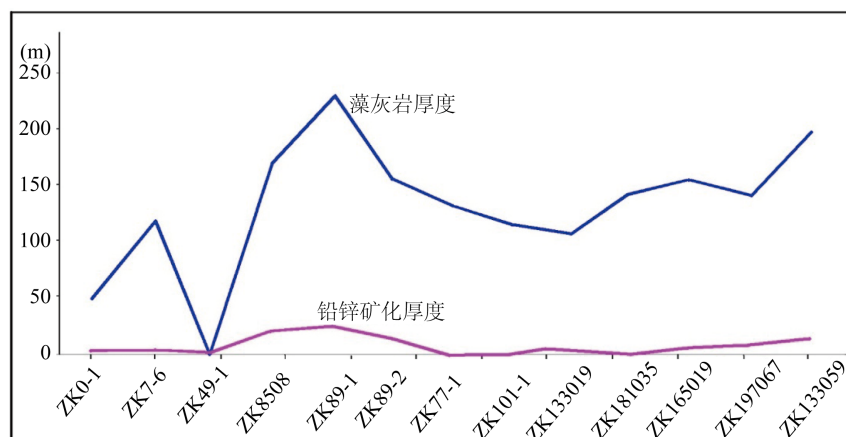


Figure 7. Curve of relationship between algal limestone thickness and lead-zinc mineralization thickness

图 7. 藻灰岩厚度与铅锌矿化厚度关系曲线图

4.2. 藻灰岩与铅锌矿化的关系

图 7 反映出藻灰岩厚度与铅锌矿化厚度在平面上的变化关系，说明的藻灰岩厚度越大，矿化厚也越大，矿化也越强。

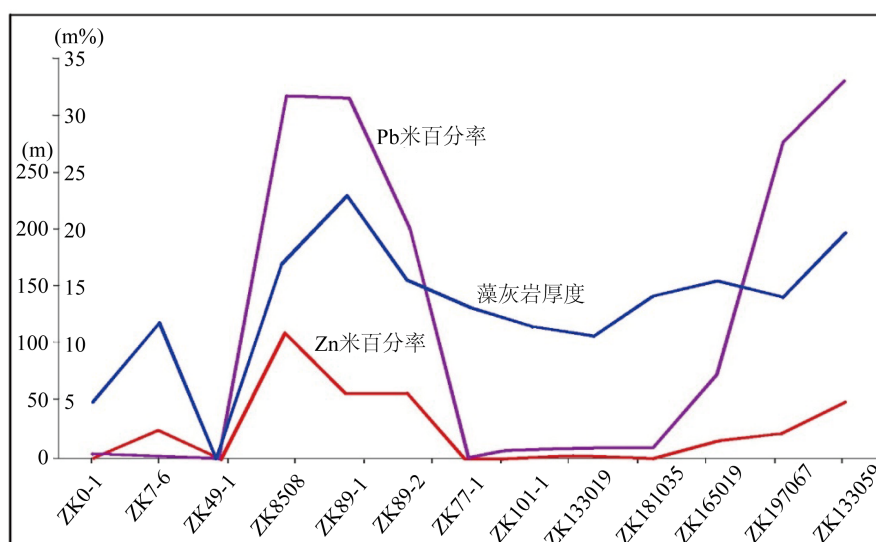


Figure 8. The relationship between the thickness of algal limestone and the meter percentage of lead, zinc

图 8. 藻灰岩厚度与铅锌米百分率关系曲线图

4.3. 藻灰岩厚度与铅锌米百分率的关系

图 8 反映了藻灰岩厚度与铅锌矿化强度变化曲线，说明二者之间也为正比关系。

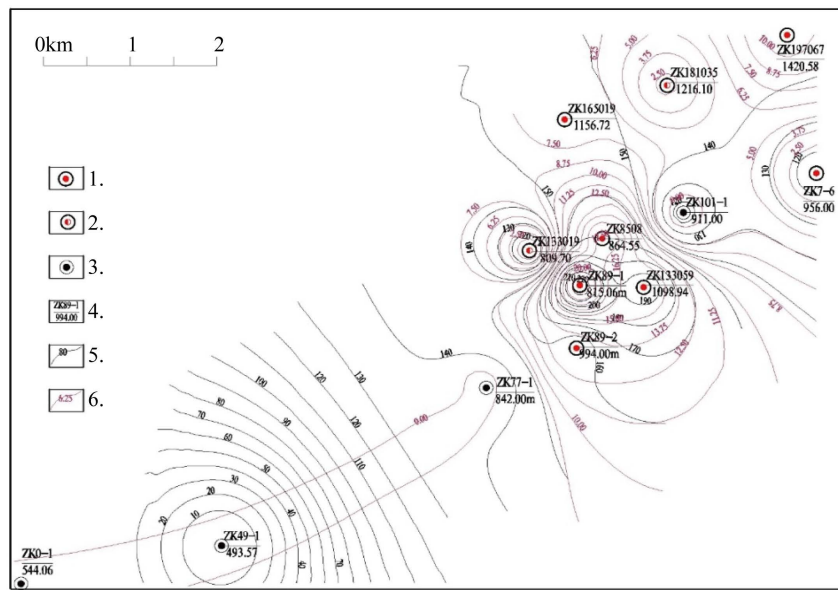
5. 找矿前景分析

因杨家寨铅锌矿床是层控型的全隐伏的矿床，部分矿体的埋深超过 1000 m，使用探槽、物探、化探、遥感等地质找矿手段均收效甚微。探讨一套对类似矿床行之有效的找矿方法是十分必要的。笔者在

本矿区找矿过程中，通过对含矿层上覆厚厚的“盖层”上的进行仔细的分析研究，总结出了在本地区扩大铅锌矿资源找矿前景的依据。

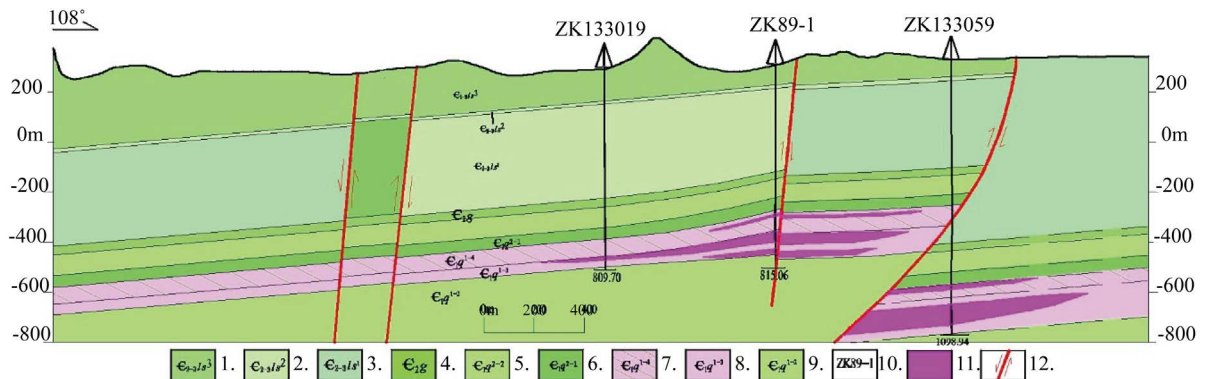
5.1. 直接依据

如前所述，矿区的岩层呈舒缓波状起伏弯曲，造成局部岩层产状变化。如图 8 和图 9 所示，直观表明了藻灰岩层的总体延伸产状，也因此指示出了区内矿体的总体延伸产状以及藻灰岩厚度与铅锌矿化厚度的正相关关系。同时，从图 9 中所示控制藻灰岩的钻孔孔深反映出岩层向北北东方向倾斜角度较大，造成了藻灰岩层的延伸的深度加大，而图 10 则反映出岩层向北西西方向倾斜角度较小，造成了藻灰岩层的延伸的深度增加幅度较小，揭示了区内往北北东方向和北西西方向均具有较好的找矿前景。但往北西西方向的矿体埋深渐浅，而往北北东方向的矿体埋深渐深。



1-见矿体钻孔; 2-矿化钻孔; 3-无矿钻孔; 4-钻孔编号/深度(m); 5-藻灰岩等厚曲线; 6-矿化等厚曲线。

Figure 9. Algal limestone and mineralized thickness curve of Yangjiazhai lead-zinc mining area
图 9. 杨家寨铅锌矿区藻灰岩及矿化厚度曲线图



1-寒武系中上统娄山关组三段; 2-娄山关组二段; 3-娄山关组一段; 4-寒武系中统高台组; 5-寒武系下统清虚洞组上段第二亚段; 6-清虚洞组上段第一亚段; 7-清虚洞组下段第四亚段; 8-第三亚段; 9-第二亚段; 10-钻孔编号; 11-铅锌矿体; 12-断层。

Figure 10. Exploration line 133 profile map of the in Yangjiazhai lead-zinc mine
图 10. 杨家寨铅锌矿区第 133 勘探线剖面图

5.2. 间接依据

地质找矿工作首先是在地表寻找矿化线索,但对于这种深入地下超过 1000 m 的层控型的全隐伏的铅锌矿床,间接依据就显得十分重要。比较容易查明的就是藻灰岩上覆岩层的厚度。再者就是根据已知的钻孔资料分析出藻灰岩厚度与上覆岩层厚度的关系。表 3 就反映了藻灰岩厚度与出露矿区地表的上覆岩层厚度呈负相关关系。充分利用这种厚度呈负相关关系则可间接指导地质工作者的找矿工作。

Table 3. Thickness correlation between algal limestone, mineralization and overburden

表 3. 藻灰岩、矿化、上覆盖层之间厚度相关关系

相关系数	藻灰岩层	矿化厚度	Pb 米百分率	Zn 米百分率	高台组泥质云岩	娄山关组下段	娄山关组中段泥质云岩
含矿岩层	1.00	0.78	0.72	0.62	0.24	0.43	0.12
矿化厚度		1.00	0.96	0.89	0.34	-0.03	0.25

如上覆藻灰岩层多为含泥云质成份较多的高台组泥质云岩、娄山关组下段以及娄山关组中段泥质云岩。说明藻灰岩厚度大的地方,上覆岩层厚度较小,有可能找到厚度较大的铅锌矿体[20]。

6. 结论

综上所述,杨家寨铅锌矿为层控型的全隐伏的铅锌矿床。藻灰岩为控矿层位,矿体呈似层状、顺层透镜体状多层产出,产状与围岩(藻灰岩)一致,低温热液成因特征明显。找矿的直接依据和间接依据说明了本矿区具有良好的找矿前景。

参考文献

- [1] 张长青, 芮宗瑶, 陈毓川, 等. 中国铅锌矿资源潜力和主要战略接续区[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 248-272.
- [2] 张长青, 吴越, 王登红, 等. 中国铅锌矿床成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2252-2268.
- [3] US Geological Survey. Mineral Commodity Summaries(Zn and Pb). [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/.2014:186-187\(zinc\):90-91\(lead\)](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/.2014:186-187(zinc):90-91(lead))
- [4] 印建平, 谭钢, 杨云松, 等. 中国铅锌资源储备现状及勘查开发对策探讨[J]. 中国有色金属通报, 2015(12): 79-81.
- [5] 叶霖, 胡宇思, 杨松平, 等. 黔东成矿带铅锌成矿作用刍议[J]. 矿物学报, 2018, 38(6): 709-715.
- [6] 付胜云, 彭志刚, 刘红梅. 湘西北铅锌成矿带成矿地质特征[J]. 国土资源导刊, 2006, 3(3): 99-103.
- [7] 周怀龙, 姚祖星. 湘西千万吨铅锌矿勘探始末[J]. 国土资源导报, 2012, 9(6): 30-32.
- [8] 杨绍祥. 湘西铅锌矿找矿前景分析[J]. 湖南地质, 2003, 22(2): 107-111.
- [9] 邓毅, 王常微, 邬晓芳. 黔东层控型铅锌矿的成矿背景及资源潜力初步估计[J]. 大科技, 2012(8): 243-244.
- [10] 李莹, 刘凯, 汤朝阳, 等. 湘西黔东地区 Zn 地球化学块体特征及锌资源潜力估算[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1270-1277.
- [11] 陈明辉, 胡祥昭, 鲍振襄, 等. 湖南渔塘铅锌矿集中区地质特征及成矿问题讨论[J]. 地质与勘探, 2011, 47(2): 251-260.
- [12] 夏新阶, 舒闻闻. 李梅锌矿床地质特征及其成因[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(3): 197-204.
- [13] 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, 20(3): 31-37.
- [14] 杨绍祥, 劳可通. 湘西北铅锌矿床碳氢氧同位素特征及成矿环境分析[J]. 矿床地质, 2007, 26(3): 330-340.
- [15] 蔡应雄, 杨红梅, 段瑞春, 等. 湘西-黔东下寒武统铅锌矿床流体包裹体和硫、铅、碳同位素地球化学特征[J]. 现代地质, 2014, 28(1): 29-41.
- [16] 薛长军, 吕古贤, 高伟利, 等. 湘西花垣李梅矿田含矿层清虚洞期岩相古地理分析及成矿预测[J]. 地学前缘,

2017, 24(2): 159-175.

- [17] 隗含涛, 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): 2403-2413.
- [18] 曾健康, 贺令邦, 谢富和, 等. 湖南省花垣县杨家寨矿区铅锌矿预查地质报告[R]. 湖南省地质矿产勘查开发局 405 队, 2016.
- [19] 曹亮, 段其发, 胡尚军, 等. 湘西花垣铅锌矿田李梅矿区地质特征及闪锌矿中分散元素的富集规律[J]. 华南地质与矿产, 2017, 33(4): 354-364.
- [20] 贺令邦, 杨霆, 杨绍祥, 等. 湘西花垣铅锌矿床藻礁灰岩含矿性研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(1): 115-120.