

# Study on Geological Characteristics and Metallogenic Regularity of Pb-Zn Deposits in Heku Area, Hunan Province

Zhou Ye<sup>1</sup>, Hantao Wei<sup>2\*</sup>, Hongbo Yang<sup>3</sup>, Haodi Zhou<sup>4</sup>, Zhiheng Sui<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The Geological Museum of Hunan, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing

<sup>3</sup>Hunan Province Geology and Mineral Exploration and Development Bureau 405 Geological Team, Jishou Hunan

<sup>4</sup>Hunan Land Resources Planning Institute, Changsha Hunan

Email: \*csuwht@163.com

Received: Aug. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 19<sup>th</sup>, 2020; published: Aug. 26<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Heku area is located in the southwest of the Huayuan Pb-Zn orefield in Western Hunan Province. The main ore-bearing stratum is the lower Cambrian Qingxudong Formation. In the study area, the mineralization in the west of Malichang fault occurs in algal limestone of the middle Qingxudong formation and the sandstone limestone of the upper Qingxudong formation, while the mineralization in the East mainly occurs in dolomite of the upper Qingxudong formation. The ore bodies in the area are mainly lenticular in shape and distributed along the bed with poor continuity. Mineralization is mainly zinc in the West and galena in the East. Wall rock alteration includes calcilization, silicification and dolomitization. Compared with the lead-zinc deposits of the same type in western Hubei-western Hunan-eastern Guizhou, the mineralization in the study area was formed in Caledonian. The main ore controlling factors are NE trending fault structures, followed by interlayer fracture zones of the Qingxudong formation.

## Keywords

Lead-Zinc Ore, Geological Characteristics, Metallogenic Regularity, Heku Area

---

# 湖南禾库地区铅锌矿地质特征和成矿规律研究

叶周<sup>1</sup>, 隗含涛<sup>2\*</sup>, 杨红波<sup>3</sup>, 周皓迪<sup>4</sup>, 隋志恒<sup>3</sup>

\*通讯作者。

文章引用: 叶周, 隗含涛, 杨红波, 周皓迪, 隋志恒. 湖南禾库地区铅锌矿地质特征和成矿规律研究[J]. 地球科学前沿, 2020, 10(8): 749-757. DOI: 10.12677/ag.2020.108075

<sup>1</sup>湖南省地质博物馆, 湖南 长沙

<sup>2</sup>中国地质科学院矿产资源研究所, 北京

<sup>3</sup>湖南省地质矿产勘查开发局405队, 湖南 吉首

<sup>4</sup>湖南省国土资源规划院, 湖南 长沙

Email: \*csuwht@163.com

收稿日期: 2020年8月6日; 录用日期: 2020年8月19日; 发布日期: 2020年8月26日

## 摘要

禾库地区位于湘西花垣铅锌矿田外围西南侧, 铅锌均赋存于寒武系清虚洞组地层中, 以研究区中部的麻栗场断裂为界, 西侧矿化产于清虚洞组中段的藻灰岩和上段的砂屑灰岩中, 东侧矿化主要产于清虚洞组上段的白云岩中。区内矿体以透镜状为主, 顺层分布, 连续性较差。西侧矿化以闪锌矿为主, 东侧矿化以方铅矿为主。围岩蚀变包括方解石化、硅化、白云石化等。通过与鄂西-湘西-黔东地区同类型铅锌矿对比, 认为研究区矿化形成于加里东期。主要控矿因素为北东向断裂构造, 次为清虚洞组地层层间破碎带。

## 关键词

铅锌矿, 地质特征, 成矿规律, 禾库地区

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

湘西北地区处于湘西-鄂西铅锌成矿带西南段, 近年来找矿工作进展较大, 陆续发现了杨家寨、大脑坡及清水塘等大型-超大型铅锌矿床, 有望成为世界级铅锌资源基地[1] [2] [3]。这些矿床大多集中在花垣铅锌矿田范围内, 在矿田外围勘查工作进展缓慢, 并未取得大的突破。禾库地区位于花垣铅锌矿田南侧外围, 是近几年的重点勘查工作区。该区已有的研究工作较少, 主要包括水系沉积物地球化学调查[4]和岩相古地理研究[5]两个方面。本文以禾库地区铅锌矿为研究对象, 在细致的野外地质调查工作基础上, 系统总结了研究区铅锌矿地质特征, 进而总结其成矿规律和找矿标志, 旨在对该区找矿突破有所助力。

## 2. 区域地质背景

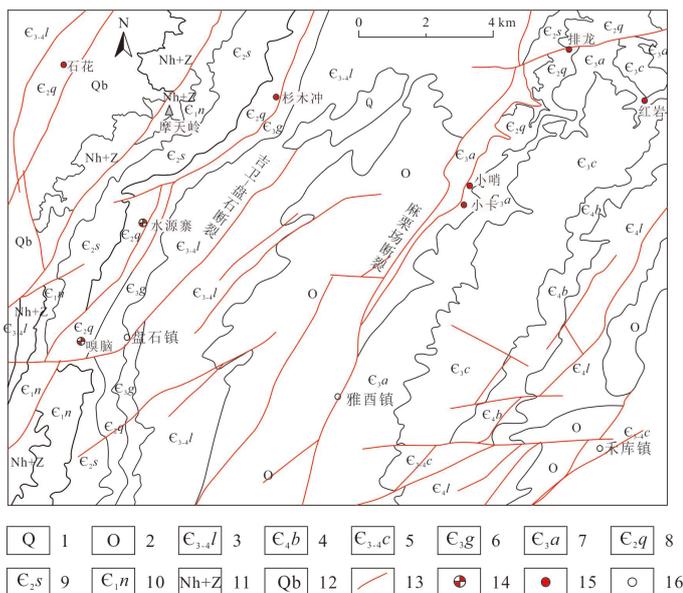
禾库地区位于花垣铅锌矿田南侧外围, 大地构造位置处于扬子地块东南缘、雪峰构造带北西缘。地层分区上隶属于扬子区和江南区的过渡地带。区域内出露地层主要有青白口系、南华系、震旦系、寒武系、奥陶系及少量第四系, 其中以寒武系发育最为完整, 分布最广泛(图 1), 且寒武纪第二世~芙蓉世地层以麻栗场断裂为界划分为北西、南东两个地层分区(表 1)。无岩浆岩和深变质岩, 地质构造以断裂为主, 以北北东-北东走向逆断裂较发育, 多倾向南东, 少部分倾向南东东。褶皱简单, 走向北东, 多为直立水平开阔褶皱。

**Table 1.** Division of the Cambrian strata in Heku area  
**表 1.** 禾库地区寒武纪地层划分

| 地质年代                              |      | 岩石地层单位                                |                                     |
|-----------------------------------|------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 纪                                 | 世    | 北西区                                   | 南东区                                 |
| 寒武纪                               | 芙蓉世  | 娄山关组(C <sub>3-4</sub> )               | 娄山关组(C <sub>4l</sub> )              |
|                                   |      |                                       | 比条组                                 |
|                                   |      |                                       | 上段(C <sub>3-4c</sub> <sup>3</sup> ) |
|                                   | 第三世  | 高台组(C <sub>3g</sub> )                 | 车夫组                                 |
|                                   |      |                                       | 中段(C <sub>3-4c</sub> <sup>2</sup> ) |
|                                   |      |                                       | 下段(C <sub>3-4c</sub> <sup>1</sup> ) |
|                                   | 第二世  | 清虚洞组                                  | 敖溪组(C <sub>3a</sub> )               |
|                                   |      |                                       | 上段(C <sub>2q</sub> <sup>3</sup> )   |
|                                   |      |                                       | 中段(C <sub>2q</sub> <sup>2</sup> )   |
|                                   | 纽芬兰世 | 牛蹄塘组                                  | 清虚洞组                                |
| 中段(C <sub>2q</sub> <sup>2</sup> ) |      |                                       |                                     |
| 下段(C <sub>2q</sub> <sup>1</sup> ) |      |                                       |                                     |
| 下段(C <sub>2q</sub> <sup>1</sup> ) |      |                                       |                                     |
|                                   |      | 石碑组(C <sub>2s</sub> )                 | 石碑组(C <sub>2s</sub> )               |
|                                   |      | 牛蹄塘组上段(C <sub>1n</sub> <sup>2</sup> ) |                                     |
|                                   |      | 牛蹄塘组下段(C <sub>1n</sub> <sup>1</sup> ) |                                     |

### 3. 典型矿床(点)地质特征

本次研究重点调研的铅锌矿床(点)分别为：麻栗场断裂西侧的石花铅锌矿点、杉木冲铅锌矿点、水源寨铅锌矿床及嗅脑铅锌矿床，主要赋矿层位为清虚洞组中段(C<sub>2q</sub><sup>2</sup>)的藻灰岩，其次为清虚洞组上段(C<sub>2q</sub><sup>3</sup>)的砂屑灰岩、云质灰岩；麻栗场断裂东侧的排龙铅锌矿点、小哨铅矿点、小卡铅矿点及红岩锌矿点，前三者赋矿层位为清虚洞组上段(C<sub>2q</sub><sup>3</sup>)的白云岩，红岩矿点赋矿层位为敖溪组(C<sub>3a</sub>)白云岩。选取了代表性矿床(点)描述其地质特征，具体如下：

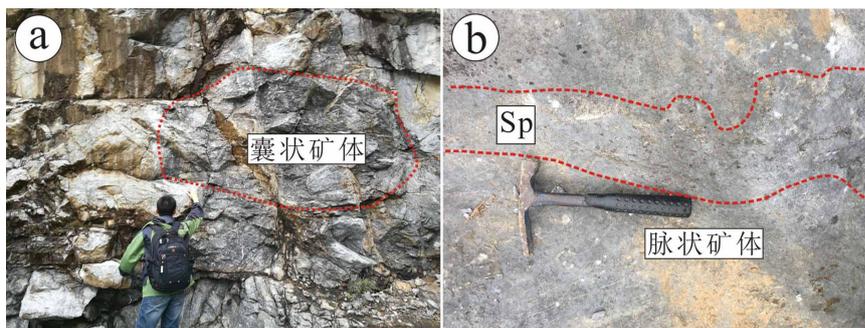


1-第四系；2-奥陶系；3-寒武系娄山关组；4-寒武系比条组；5-寒武系车夫组；6-寒武系高台组；7-寒武系敖溪组；8-寒武系清虚洞组；9-寒武系石碑组；10-寒武系牛蹄塘组；11-震旦系和南华系；12-青白口系；13-断裂；14-铅锌矿床；15-铅锌矿点；16-城镇地名

**Figure 1.** Geological map of Heku area in Hunan  
**图 1.** 湖南禾库地区地质简图

### 3.1. 嗅脑铅锌矿床

位于水田坝 - 野牛塘背斜南东翼, 水源 - 耙耙寨断裂与吉卫 - 盘石断裂之间, 两条断裂均为 NE 走向。区内次级断层、节理、裂隙及挤压、扭曲、层间剥离等构造均很发育, 并常为矿化富集之良好容矿构造。含矿层主要为清虚洞组中段( $C_2q^2$ )厚层藻灰岩, 其次为清虚洞组上段( $C_2q^3$ )砂屑灰岩及云质灰岩。矿化带呈似层状顺层产出, 长大于 1000 m, 宽为 30~40 m, 厚度一般为 14 m。结合野外观察以及前人采矿痕迹可知, 矿体主要为透镜状、囊状等, 大小不一, 整体呈顺层分布(图 2(a)), 连续性较好, 次为脉状(图 2(b))。主矿体走向北东, 倾向北西, 倾角  $19^\circ\sim 21^\circ$ , 平均厚 3.88 m, 最多可达 6 层。

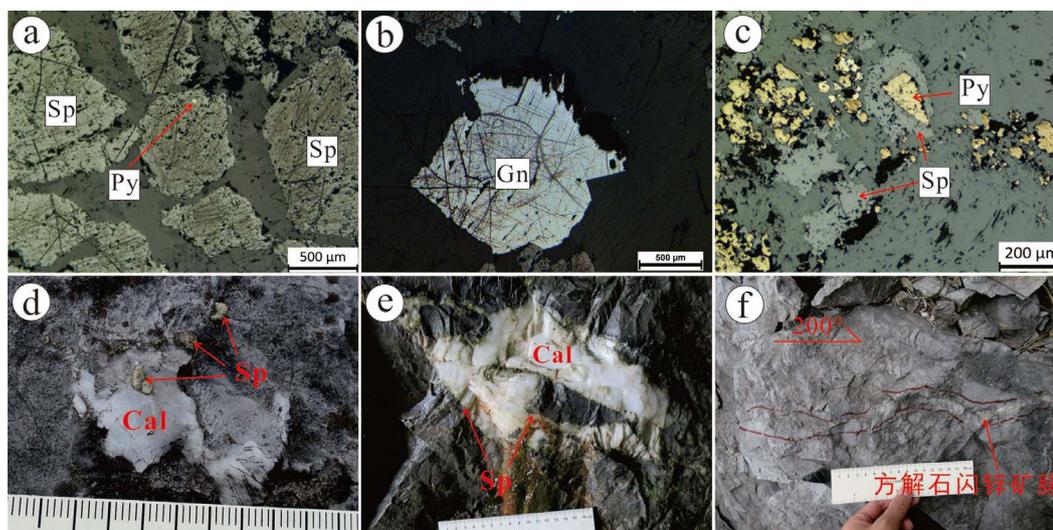


(a) 囊状矿体, 花斑状闪锌矿化顺层分布, 矿体形态呈囊状; (b) 脉状矿体, 闪锌矿呈不规则脉状, 切穿层理分布

**Figure 2.** Ore body characteristics of the Xiunao Pb-Zn deposit

**图 2.** 嗅脑铅锌矿床矿体特征

矿石矿物以闪锌矿为主, 少量方铅矿, 脉石矿物主要为方解石, 次为白云石。平均品位 Pb 为 0.26%; Zn 为 2.71%。矿石具碎裂结构(图 3(a))、自形 - 半自形粒状结构(图 3(b))、交代结构(图 3(c))、包含结构(图 3(c))等。矿石构造以花斑状(图 3(d))、斑脉状(图 3(e))为主, 次为细脉状(图 3(f))。围岩蚀变主要为方解石化和白云石化, 少量硅化, 具弱褪色化。



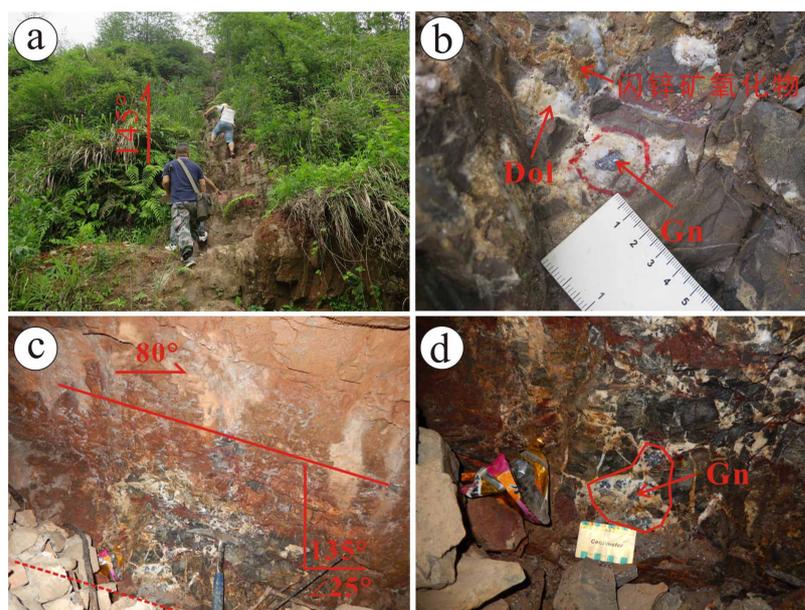
(a) 碎裂结构, 闪锌矿颗粒破碎后被碳酸盐岩充填, 颗粒可拼贴; (b) 方铅矿半自形粒状结构, 见黑色三角孔; (c) 闪锌矿包含、交代黄铁矿; (d) 花斑状构造, 闪锌矿呈浸染状分布于方解石斑块状中或周围; (e) 斑脉状构造, 闪锌矿呈细脉状分布于方解石斑块与围岩接触部位; (f) 细脉状构造

**Figure 3.** Photographs showing the textures and structures of the ores from the Xiunao Pb-Zn deposit

**图 3.** 嗅脑铅锌矿床矿石组构特征

### 3.2. 小哨铅矿点

该矿点为新发现铅矿点，位于工作区北东部排龙村一带，分布于麻栗场断层 SE 盘，雅酉 - 排龙背斜南东翼。见铅锌矿(化)体顺层状产于清虚洞组上段( $C_2q^3$ )下部深灰色薄厚层纹层状砂屑白云岩中。在董哨村附近见一探槽(图 4(a))，从山脚向山顶延伸，白云岩中见透镜状破碎带顺层分布，由细网脉状白云石胶结白云岩角砾，角砾大小 3~5 mm，呈次棱角状 - 次圆状，角砾具可拼贴性，具明显热液成矿特征。方铅矿呈稀疏浸染状分布，粒径 3~8 mm，多分布于白云石脉中或其边部，矿化部位围岩较为坚硬，具弱硅化，褐铁矿化及溶蚀孔洞较为发育(图 4(b))。矿(化)体走向北东，倾向南东，倾角约 18°，呈似层状产出。沿矿化体北东方向大本村西侧见一老硐，硐壁见有浸染状方铅矿分布在顺层破碎带中(图 4(c))。破碎带内角砾为白云岩，呈棱角状，具可拼贴性，大小 0.5 × 2 cm~5 × 8 cm，胶结物为白云石呈网脉状，方铅矿化即产于白云石中(图 4(d))。综上所述，小哨矿点矿体呈透镜状顺层分布，走向北东，倾向南东，倾角 9°~12°，长 100~300 m，厚 1~2 m。矿化以方铅矿为主，Pb 品位为 0.96%~3.14%，次为闪锌矿，均呈浸染状分布于白云石中或其边缘。矿石具它形粒状结构、交代残余状结构，浸染状、网脉状、角砾状构造(图 4(b)、图 4(d))。围岩蚀变主要为白云石化及少量硅化(图 4(b)、图 4(d))。



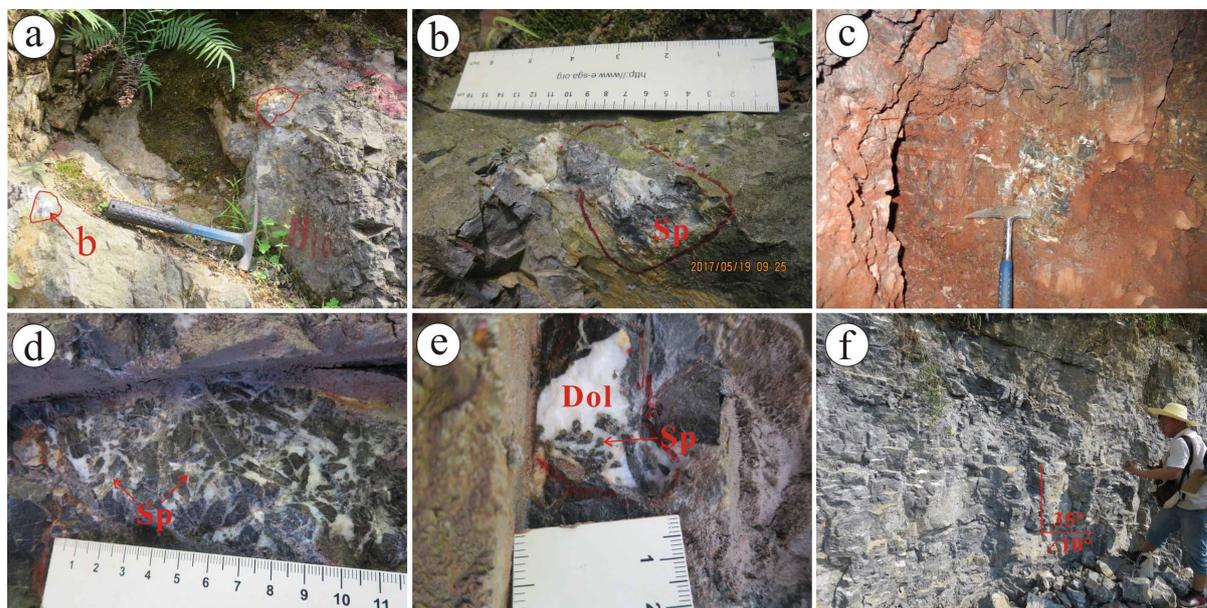
(a) (b) 矿化点人工探槽及铅锌矿化，闪锌矿多已被氧化呈黄褐色，方铅矿呈自形晶，粒径 5~8 mm；(c) (d)老硐中产于层内破碎带中的矿体，矿体厚度约 1 m，未见底

Figure 4. Photographs showing the characteristics of the Xiaoshao Pb ore spot

图 4. 小哨铅矿点矿化特征

### 3.3. 红岩锌矿点

本点位于麻栗场断裂 SE 盘，分布于雅酉 - 排龙背斜南东翼。含矿层为敖溪组上部( $C_3a$ )砂屑云岩(图 5(f))。见两处矿化露头，矿化以深色闪锌矿为主，产于不规则白云石斑块(图 5(a)、图 5(b))或网脉状白云石(图 5(d)、图 5(e))中，矿化部位围岩多较为破碎。根据两处矿化露头推测，红岩矿点矿体呈透镜状顺层产出，连续性差，走向北东，倾向南东，倾角约 10°~16°，长约 200 m，厚 1~3 m，Zn 品位为 1.21%~2.64%。矿化以闪锌矿为主，矿石具浸染状、网脉状、角砾状构造(图 5(a)、图 5(b)、图 5(d)、图 5(e))。围岩蚀变为白云石化、弱硅化。



(a)(b) 地表斑脉状闪锌矿化露头; (c)(d)(e) 老硐处角砾状闪锌矿化露头; (f) 矿体下部敖溪组白云岩露头

**Figure 5.** Photographs showing the characteristics of the Hongyan Zn ore spot

**图 5.** 红岩锌矿点矿化特征

## 4. 成矿规律

### 4.1. 时间分布规律

前人对湘西 - 鄂西 - 黔东地区产于碳酸盐岩地层中的铅锌矿做过定年工作(表 2), 结果表明赋存于震旦系陡山沱组白云岩中的铅锌矿成矿年龄约为 506~490 Ma; 赋存于震旦系灯影组白云岩中的铅锌矿成矿年龄约为 410 Ma; 赋存于寒武系清虚洞组藻灰岩中的铅锌矿成矿年龄约为 483~466 Ma 和 422~410 Ma; 赋存于寒武系敖溪组白云岩中的铅锌矿成矿年龄约为 480~470 Ma; 赋存于奥陶系南津关组白云岩中的铅锌矿成矿年龄约为 372~379 Ma。不同赋矿层位铅锌矿成矿年龄存在差异, 说明区域成矿作用具有多期, 但所有成矿年龄均小于赋矿地层年龄, 矿床为后生成因, 与 MVT 矿床相似。

加里东运动是湘西、黔东地区一次重要的成矿事件, 本次统计的铅锌矿床形成年龄均为加里东期。其中清虚洞组中的铅锌矿可能存在两阶段成矿(483~466 Ma 和 422~410 Ma), 敖溪组中的铅锌矿成矿年龄(480~470 Ma)与清虚洞组早阶段成矿年龄一致。因此推测, 禾库地区麻栗场断裂两侧的铅锌矿均形成与加里东期, 不同矿床(点)成矿年龄可能存在差异。

### 4.2. 空间分布规律

研究区内铅锌矿床(点)的分布是受地层层位和构造作用共同控制的结果。麻栗场断裂西侧矿化以锌为主, 次为铅。垂向上, 矿体主要产于清虚洞组中段的藻灰岩中, 矿化多产于溶蚀孔洞和裂隙发育部位。平面上, 矿床(点)均位于清虚洞组藻灰岩出露部位, 矿床的分布与藻灰岩的展布方向以及断裂走向均一致, 呈北东方向, 这是由于藻灰岩的分布受同生断裂的控制, 同生断裂在成矿期又有可能为导矿构造。麻栗场断裂东侧产于清虚洞组上段白云岩中的铅锌矿床(点)紧邻麻栗场断裂分布, 呈北东向展布, 这是因为清虚洞期麻栗场断裂东侧为台地前缘斜坡相, 并未沉积形成藻灰岩, 而是沉积了一套纹层状含砂屑细 - 泥晶白云岩, 受力易形成层间破碎成为矿质沉淀的有利场所, 在此过程中, 麻栗场断裂起到了沟通深部地层的作用, 是流体由下至上运移的通道, 具体配矿构造可能还包含其次级构造。

**Table 2.** Metallogenic age of Pb-Zn deposits in carbonate rocks in western Hubei-western Hunan-eastern Guizhou area  
**表 2.** 鄂西 - 湘西 - 黔东地区碳酸盐岩中铅锌矿成矿时代统计表

| 地区    | 矿床  | 围岩             | 矿体形态    | 测试矿物及方法     | 年龄/Ma       | 数据来源 |
|-------|-----|----------------|---------|-------------|-------------|------|
| 鄂西    | 冰洞山 | 震旦系下统陡山沱组白云岩   | 似层状     | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 506 ± 14    | [6]  |
|       |     |                |         | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 509 ± 18    | [7]  |
|       | 凹子岗 | 震旦系上统灯影组白云岩    | 似层状     | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 409.6 ± 9.7 | [6]  |
|       |     |                |         | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 409 ± 26    | [7]  |
|       | 升天坪 | 震旦系下统陡山沱组白云岩   | 似层状     | /           | 490~494     | [6]  |
|       | 柔先山 | 寒武系下统清虚洞组藻灰岩   | 似层状、脉状  | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 415 ± 6     | [8]  |
| 湘西    | 狮子山 | 寒武系下统清虚洞组藻灰岩   | 似层状、脉状  | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 410 ± 12    | [6]  |
|       |     |                |         | /           | 462~473     | [6]  |
|       | 茶田  | 寒武系中统敖溪组白云岩    | 似层状、透镜状 | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 486 ± 5.8   | [7]  |
|       | 打狗洞 | 寒武系中统敖溪组白云岩    | 似层状、透镜状 | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 489.6 ± 5.9 | [9]  |
|       | 唐家寨 | 奥陶系下统南津关组硅化灰岩  | 似层状、透镜状 | /           | 379         | [6]  |
|       | 江家垭 | 奥陶系下统南津关组砂屑灰岩  | 似层状、脉状  | 石英 Rb-Sr 法  | 372 ± 9.8   | [10] |
| 铅模式年龄 |     |                |         | 397~423     | [11]        |      |
| 黔东    | 起车  | 奥陶系下统南津关组灰岩    | 似层状     | 闪锌矿 Rb-Sr 法 | 466 ± 13    | [12] |
|       |     |                |         | 方解石 Sm-Nd 法 | 483 ± 9     | [12] |
|       | 卜口场 | 寒武系下统清虚洞组藻灰岩   | 似层状、透镜状 | 方解石 Sm-Nd 法 | 422 ± 48    | [12] |
|       | 牛角塘 | 寒武系下统清虚洞组含藻白云岩 | 似层状、透镜状 | 铅模式年龄       | 433~510     | [13] |

## 5. 找矿标志

找矿标志是指在找矿过程中,能直接或间接指示矿产存在或可能存在的一种找矿方法。通过对禾库地区铅锌矿床(点)细致的野外调研,总结了其找矿标志。

### 1) 岩相、岩性标志

在麻栗场断裂西侧,早寒武世晚期碳酸盐台地边缘滩—藻礁相是找矿最重要的岩相带,藻礁亚相是主要的控矿岩相,其规模大小通常与矿化富集呈正相关关系。藻灰岩则是主要的控矿岩性微相,因此,藻灰岩发育地带是找矿主要的岩相岩性标志。在麻栗场断裂东侧,中寒武世早期的台前斜坡相是控矿相带,因此,具“角砾化”的变形纹理粉—细晶白云岩是对找矿最有利的岩性标志。

### 2) 构造标志

研究区内北东向深大断裂沉积期控制了岩相的分布,成矿期为含矿流体由深部向浅部运移,提供了通道。因此,北东向断裂发育的地区,是找矿的有利地带。北东向、近南北向断裂及其次级断层,为研究区铅锌矿床的配矿(或散矿)构造,与矿体的产出部位关系密切。赋矿岩层内部裂隙系统或“角砾化”发育部位,是矿化富集最有利的构造部位。

### 3) 围岩蚀变标志

研究区围岩蚀变类型主要为方解石化和白云石化,次为黄铁矿化,少量硅化,弱褪色化,偶见重晶石化。方解石化、白云石化、重晶石化、黄铁矿化同时出现的复类型围岩蚀变可视作直接找矿标志。多类型蚀变露头抗风化能力差,表面疏松,呈粗砂状。常被少量氧化铁质渲染而呈黄白色,局部褐黄色而易于识别,为较明显的直接找矿标志。

#### 4) 地球化学异常

区内铅锌元素异常的出现,直接与成矿作用有关,是一种最为直观的找矿标志,可通过异常值的大小判断矿体的大体部位,以指导找矿勘查工作。

#### 5) 矿(化)点及采矿遗迹(老硐、废石堆等)

矿(化)点为一种最为直接的、更能反应矿化均匀程度及其品位的找矿标志,也是矿区下步进行重点勘查的对象。同样,采矿遗迹也能对已采矿体进行准确地定位。

## 6. 结论

1) 禾库地区铅锌矿均赋存于寒武系清虚洞地层中,以矿区中部麻栗场断裂为界,西侧矿化以闪锌矿为主,主要赋矿层位为清虚洞组中段( $C_2q^2$ )的藻灰岩,次为清虚洞组上段( $C_2q^3$ )的砂屑灰岩、云质灰岩;东侧矿化以方铅矿为主,主要赋矿层位为清虚洞组上段( $C_2q^3$ )的白云岩,次为敖溪组( $C_3a$ )白云岩。

2) 研究区矿体主要呈透镜状顺层分布,连续性较差。对比区域铅锌矿成矿时代,本区铅锌矿可能形成于两个阶段,但均属于加里东期。北东向断裂控制为主要控矿因素,其次为虚洞组层间破碎带。

3) 禾库地区北东向断裂及清虚洞组藻灰岩发育部位是成矿最有利地区,硅化、方解石化是主要的找矿蚀变标志,铅、锌异常是地球化学找矿直接标志,此外民采痕迹对研究区这种深覆盖区找矿具有直接指导意义。

## 致 谢

野外工作中得到湖南省地矿局 405 地质队刘伟副队长、余沛然总工程师、曾健康副总工程师以及余冰、杨兵、张劲松等工程师的热情帮助;审稿人和编辑部提出了宝贵的建设性意见,谨致谢忱!

## 基金项目

本项目受中国地质调查局整装勘查项目(12120114052201),中南大学“创新驱动计划”项目(2015CX008),中南大学博士生自主探索创新项目(2015zzts069)联合资助。

## 参考文献

- [1] 隗含涛,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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 赵武强,崔森,邹先武,等.湖南禾库地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J].中国地质,2014,41(2):638-647.
- [5] 周琦.松桃嗅脑铅锌矿田藻丘微相特征及控矿规律探讨[J].贵州地质,1995,12(4):311-316.
- [6] 段其发.湘西-鄂西地区震旦系-寒武系层控铅锌矿成矿规律研究[D]:[博士学位论文].武汉:中国地质大学,2014:1-169.
- [7] 王登红,李华芹,屈文俊.全国成岩成矿年代谱系[M].北京:地质出版社,2014:438.
- [8] 谭娟娟,刘重芄,杨红梅,等.湘西花垣矿集区柔佛山铅锌矿床的成矿时间和物质来源[J].地球科学,2018,43(7):2438-2448.
- [9] 杜国民,蔡红,梅玉萍.硫化物矿床中闪锌矿 Rb-Sr 等时线定年方法研究——以湘西新晃打狗洞铅锌矿床为例[J].华南地质与矿产,2012,28(2):175-180.
- [10] 周云,段其发,陈毓川,等.湘西龙山江家垭铅锌矿床石英 Rb-Sr 同位素测年与示踪研究[J].中国地质,2015,42(2):597-606.

- 
- [11] 陈帅奇, 蒋启生, 陈渡平. 湘西起车铅锌矿同位素地球化学特征[J]. 有色金属(矿山部分), 2015, 67(5): 41-46.
- [12] 杨红梅, 刘重芄, 段瑞春, 等. 贵州铜仁卜口场铅锌矿床 Rb-Sr 与 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2015, 39(5): 855-865.
- [13] 叶霖, 潘自平, 李朝阳, 等. 贵州都匀牛角塘富镉锌矿同位素地球化学研究[J]. 矿物岩石, 2005, 25(2): 70-74.