

湖南省桂阳县柳塘岭铅锌矿成矿地质条件及边深部找矿标志

朱伟超, 王宇翔, 李欣星

湖南省生态地质调查监测所, 湖南 长沙

收稿日期: 2023年5月16日; 录用日期: 2023年6月19日; 发布日期: 2023年6月27日

摘要

边深部找矿已成为现有矿山扩界增储最重要的方式。本文通过对柳塘岭铅锌矿地质特征、矿体特征及成矿地质条件进行综合研究, 认为该矿床受地层-背斜-断裂、地层-断裂-岩浆岩侵入接触构造联合控制, 属中低温热液充填型铅锌矿床和矽卡岩型接触带铅锌矿床, 并指明了边深部找矿标志。

关键词

边深部找矿, 柳塘岭铅锌矿, 地质特征, 成矿地质条件, 找矿标志

Metallogenic Geological Conditions and Indicators for Deep-Seated Exploration of the Liutangling Lead-Zinc Deposit in Guiyang County, Hunan Province

Weichao Zhu, Yuxiang Wang, Xinxing Li

Geological Survey and Monitoring Institute of Hunan, Changsha Hunan

Received: May 16th, 2023; accepted: Jun. 19th, 2023; published: Jun. 27th, 2023

Abstract

Deep-seated exploration has become the most important method for boundary expansion and reserve increase in existing mines. This article conducts a comprehensive study on the geological characteristics, orebody features, and metallogenic geological conditions of the Liutangling lead-

zinc deposit. It concludes that the deposit is controlled by a combination of stratigraphy-anticline-fault and stratigraphy-fault-intrusive contact structures. It belongs to a mesothermal hydrothermal filling type lead-zinc deposit and a skarn-type contact zone lead-zinc deposit. The exploration indicators for deep-seated exploration are also identified.

Keywords

Deep-Seated Exploration, Liutangling Lead-Zinc Deposit, Geological Characteristics, Metallogenic Geological Conditions, Ore Mark

Copyright © 2023 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

柳塘岭铅锌矿是一深埋于地下的隐伏矿床，其发现源于地表锰矿的开采[1]。该矿床位于桂阳县太和乡境内，距桂阳县城 5 公里。

柳塘岭铅锌矿地处南岭著名的钦杭成矿带，区域内经历了多期次的构造演化与岩浆活动，发育了大量与岩浆活动相关的铅、锌多金属矿床，如黄沙坪铅锌多金属矿床、宝山铅锌多金属矿床等[2]。前人针对区内矿床成矿地质条件作了大量的研究，然而总体来看，对于区内矿床边深部找矿标志的研究不足[3][4]。

近年来，陈云华等[5]选择湖南柳塘岭铅锌银矿等隐伏矿床开展了方法试验，以期获得适合南方覆盖物类型的最佳技术参数。李欣文等[1]认为柳塘岭铅锌矿属海底喷流沉积型矿床，浅表铁锰帽是寻找此类类型隐伏铅锌矿最明显的找矿标志。康卫清等[6]以柳塘岭铅锌矿为例分析利用成矿模式找隐伏矿床。这些研究无法解释近几年柳塘岭铅锌矿在深部探采新发现的矽卡岩型接触带铅锌矿体，也无法指导柳塘岭铅锌矿即将进行的边深部找矿工作。

本文试图分析柳塘岭铅锌矿成矿地质条件，结合矿山深部新发现的隐伏花岗斑岩岩体，总结区内已发现的矿化类型，探究矿区边深部找矿标志。

2. 区域地质概况

研究区地处钦杭结合带中带中段，南岭纬向构造带东段北缘与耒(阳)—临(武) SN 向构造带中段之复合部位，处于坪宝复式向斜中，位于骑田岭岩体的 NW 侧[7][8]。

区域地层以一套碳酸盐岩为主的沉积盖层，主要出露泥盆系、石炭系、二叠系、第三系地层[9]。

本地区褶皱构造、断裂构造发育。其褶皱主要由一系列倒转背、向斜组成。在背斜之间彼此由南北向的走向断层所切开，形成一个复杂的南北向褶皱带，该褶皱带往南收敛，向北撒开，在平面上呈“帚状”形态，在剖面上则显示一系列的叠瓦状构造[10][11]。

区域内岩浆活动较强烈，见骑田岭岩体。岩浆岩分布广泛，其中以花岗闪长斑岩、花岗斑岩分布最广，次为石英斑岩。岩体中 Cu、Pb、Zn、Sn、Mo 等元素丰度均高于维氏酸性岩平均值 2~5 倍，成岩时间为 123~182 Ma，属燕山早中期产物[1]。

研究区是南岭多金属成矿带中段的重要成矿区，矿产资源丰富，开采历史悠久(见图 1)。目前已发现铅锌金银多金属矿产地区 12 处，其中大型矿床 2 处，中型矿床 2 处，小型矿床 5 处，矿(化)点 3 处[12]。

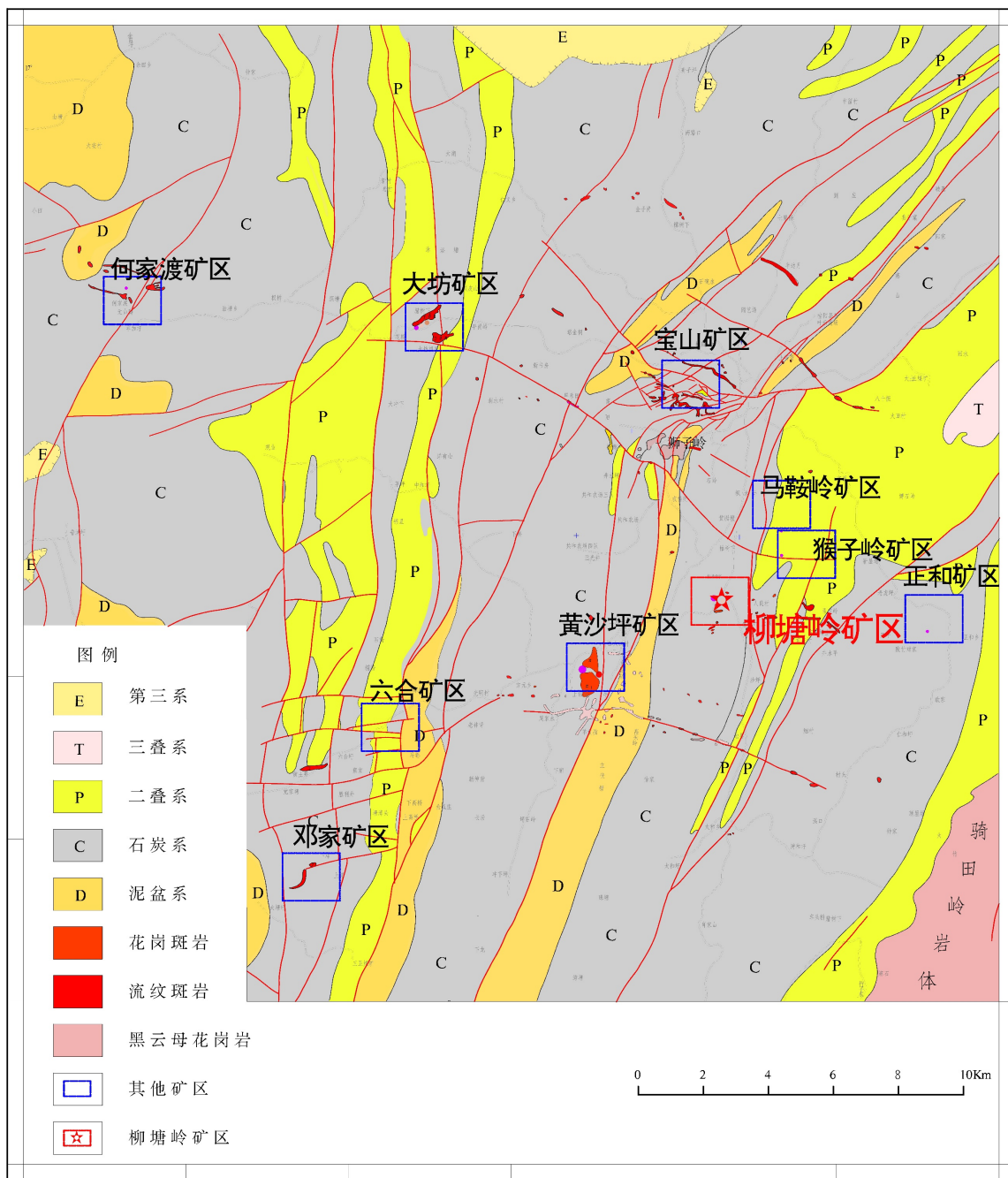


Figure 1. Geological map of Liutangling mining area, Guiyang County, Hunan Province
 图 1. 湖南省桂阳县柳塘岭矿区地质简图

3. 矿区地质特征

3.1. 地层

区内出露地层为石炭系下统 - 二叠系上统的浅海相碳酸盐和碎屑岩(见图 2)。石炭系下统石碇子组(C_{1sh})之下为沉积基底, 石炭系下统测水组(C_{1c})之上为沉积盖层, 两者为不整合接触, 且沿接触面产厚度 10~30 米不等的硅质岩带。

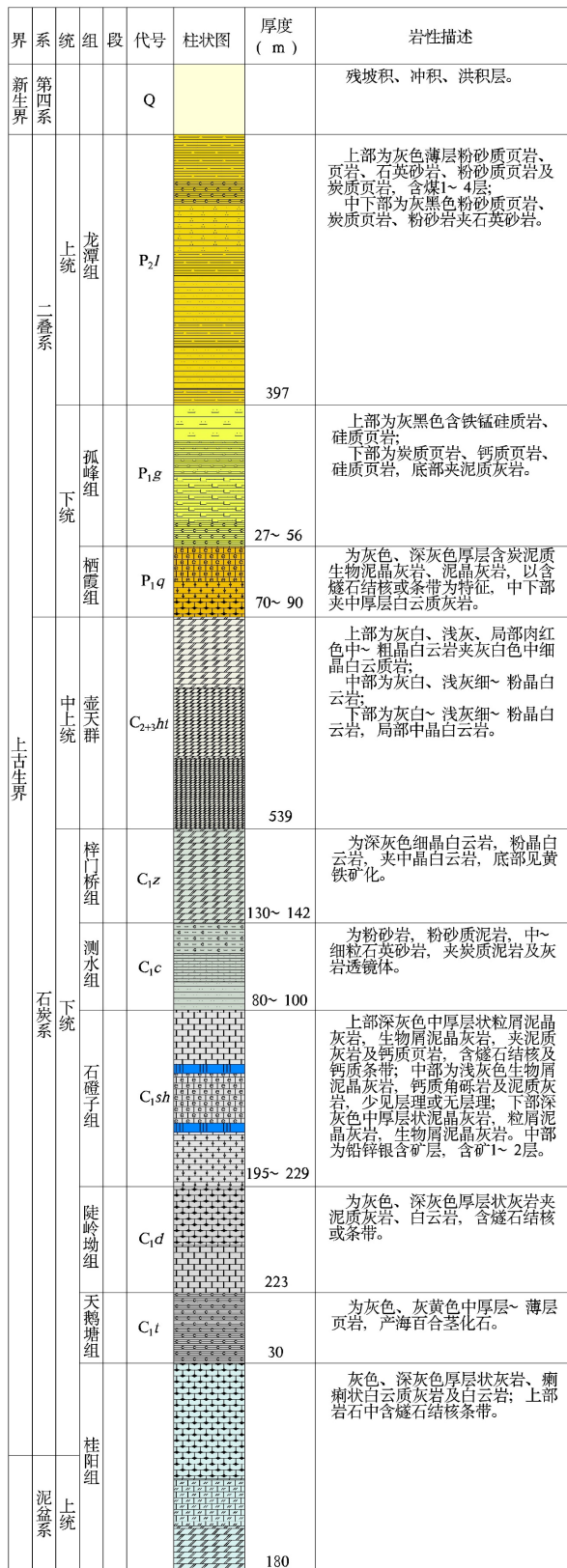


Figure 2. Comprehensive stratigraphic histogram of Liutangling mining area, Guiyang County, Hunan Province
 图 2. 湖南省桂阳县柳塘岭矿区地层综合柱状图

3.2. 构造

1) 褶皱构造

自西向东主要有候家向斜, 蒋家倒转背斜, 氮肥厂向斜等, 是区内Ⅲ级短轴褶皱构造[1]。矿区隐伏斑状花岗岩和隐伏铅锌银矿体主要受蒋家倒转背斜控制。

2) 断裂构造

矿区断裂构造十分发育, 主要有两组, 一组为走向北北东, 另一组为走向北西西。两组构造在矿区构成“井”字形, 具有活动时间长、构造规模大、切割地层深、控岩控矿的特点。

3.3. 岩浆岩

区内岩浆活动频繁, 主要为燕山早期第二阶段酸性浅成、超浅成侵入体。

地表出露 8 个花岗斑岩小岩体, 分布于矿区中部, 呈近东西向展布。

近几年的探采, 矿区深部发现有隐伏花岗斑岩岩体, 整体往北东倾伏, 在-342 中段至-90 中段呈近圆柱体状展布, 在-45 中段未见其出露, 在-139 中段其横截面约 1.3 万平方米, 接近 2 个足球场大小(见图 3)。

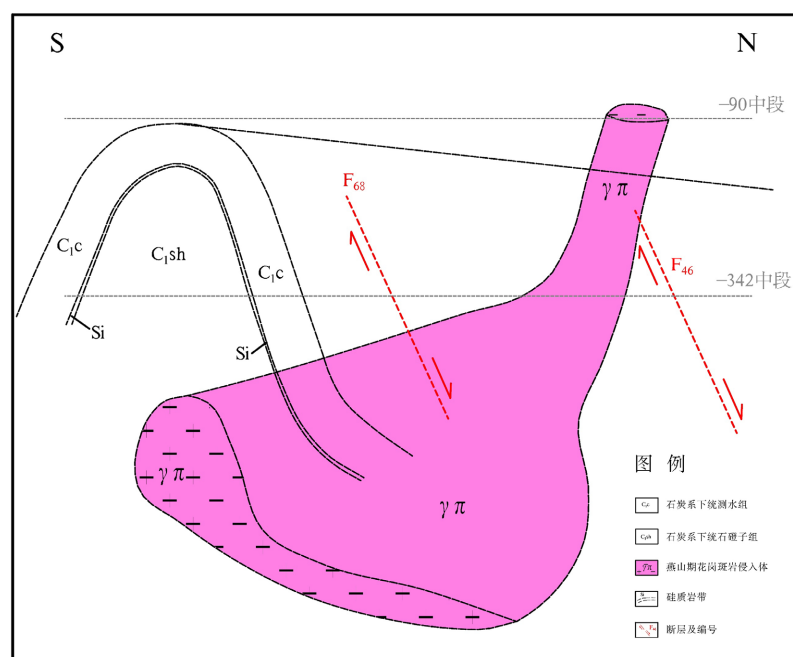


Figure 3. Schematic diagram of underground geological structure in Liutangling mining area, Guiyang County, Hunan Province

图 3. 湖南省桂阳县柳塘岭矿区地下地质构造示意图

3.4. 变质作用与围岩蚀变

区内地表岩石变质作用和围岩蚀变都不强, 深部岩石变质作用和围岩蚀变则多种多样。

1) 变质作用

随着岩浆侵入, 深部岩石受热力影响, 岩石发生大理岩化, 砂页岩发生了黑云母和角岩化。与矿体较为密切的是大理岩化, 发育在矿体旁侧。主要矿物成分为方解石、白云石, 自形、半自形等轴粒状变晶结构[1]。

2) 围岩蚀变

矿区围岩蚀变主要有矽卡岩化、云英岩化、硅化、萤石化：

- ① 矽卡岩化主要分布于隐伏花岗斑岩的接触带，主要矿物有石榴石、符山石、绿帘石。
- ② 云英岩化在花岗斑岩前锋部位及接触带，呈脉状、团块状产出。
- ③ 硅化常见于矿体及其围岩中；
- ④ 萤石化在铅锌矿体中可见，呈填隙状、脉状产出，在围岩中则呈小团块状或细脉状。

4. 矿床地质特征

柳塘岭铅锌矿受地层、背斜构造、断裂构造、岩浆岩侵入接触构造共同控制明显。从矿体形态、展布规模、成矿方式和控矿因素等进行划分，柳塘岭铅锌矿床属中低温热液充填型和矽卡岩型接触带铅锌矿床。

4.1. 矿体特征

矿区现已发现大小铅锌矿体 13 个，矿体形态与产出部位因矿化类型的不同而有所区别，矿体与围岩界线大多较明显，多呈脉状、板状、透镜状、柱状、囊状等。矿体走向主要为 2 组，I、II 号矿体为 $10^{\circ}\sim 55^{\circ}$ ，III、IV 号矿体为 $330^{\circ}\sim 350^{\circ}$ ，矿体赋存在 +13~-500 米标高，矿体倾角普遍较陡，一般为 $65^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，厚度 0.65~8.27 m 之间，铅的品位 0.97%~7.98%，平均品位 3.41%，锌的品位为 1.03%~6.35%，平均品位 2.92%，Ag 的品位为 25.07 g/t~198.83 g/t，平均品位 71.80 g/t。

4.2. 矿石特征

1) 矿石类型

矿石类型按有用组份不同可分为：铅锌矿石、铅锌银矿石、黄铁矿矿石。按结构构造可分为浸染状矿石、脉状矿石、细脉浸染状矿石、角砾状矿石、致密块状矿石。

2) 矿石结构构造

矿石结构主要有自形晶结构、半自形-他形晶结构、交代结构、乳滴状结构、碎裂结构、放射状结构。

矿石构造主要有浸染状构造、脉状构造、块状构造、角砾状构造。

3) 矿石成分

矿石矿物成分较简单。金属矿物主要有方铅矿、闪锌矿、纤维锌矿，其次有黄铁矿、白铁矿、硫锑铅矿、黄铜矿等；脉石矿物主要有方解石、石英、白云石，其次有石榴石、绿泥石、萤石、绢云母、粘土矿物等。

5. 成矿地质条件分析

综上地质特征可以看出，柳塘岭铅锌矿赋存条件与宝山、黄沙坪矿区赋存条件相似[13][14][15][16][17]。

5.1. 具有良好的矿质来源

据统计，区内地层 Pb 和 Zn 富集元素浓度克拉克值分别为 47.18 和 69.25，其中 Pb 高出 5.78 倍，Zn 高出 2.38 倍，表明区内地层为铅锌成矿的原始矿源层[1]。

5.2. 有利的岩性组合

石炭系下统石磴子组灰岩为碳酸盐岩，化学性质活泼，有利于交代作用的进行，是柳塘岭铅锌矿的主要容矿围岩。测水组砂页岩为碎屑岩，化学性质不活泼，为本区的不透水层，是成矿热液的最有利的

隔挡层[18]。

当上述碳酸盐岩之上覆有砂页岩岩性组合时，形成极为有利的成矿封闭空间，当含矿热液沿着通道上升时，其能使成矿物质大量聚集封存，交代沉淀，形成大而富的矿床[19]。

5.3. 良好的构造条件

1) 褶皱构造

柳塘岭铅锌矿存在于蒋家倒转背斜之中，受褶皱构造控制。在褶皱构造形成过程中，脆性岩石遭到破坏，形成层间破碎带及裂隙；塑性岩石发生软化流动，形成虚脱空间。褶皱构造为铅锌矿液的充填和富集提供了良好的贮存空间。

2) 断裂构造

蒋家倒转背斜在南北分别被近东西向的 F_{68} 和 F_{46} 正断层横切，西翼遭北北东向 F_{66} 逆断层纵切。断裂构造为铅锌矿液和隐伏的花岗斑岩岩体侵入提供了上升通道。

3) 岩浆岩侵入接触构造

区内深部燕山早中期侵入的隐伏花岗斑岩岩体与石磴子组灰岩围岩的接触带发生交代作用，产生围岩蚀变，形成矽卡岩型接触带铅锌矿体。

5.4. 多种矿化类型

据坑道实地调查，按照控矿因素的不同，矿体产出部位与形态有所差异，研究区内主要分为四种矿化类型：

1) 沿层间破碎带充填的I号脉状矿带：产出于背斜西翼测水组(C_{1c})与石磴子组(C_{1sh})接触面的硅质岩带附近。矿带受背斜往北东倾覆影响，北浅南深。矿带内钙质角砾岩发育，矿化不连续也不均匀，走向北北东，呈 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 展布，矿带整体向西倾，倾角较陡，为 $60^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，与地层产状基本一致。矿体呈块状或脉状，背斜西翼由于层间的错动，存在分枝状副矿体，数量多但规模较小，沿走向长度一般不大于 350 m。单个矿体倾向长度大于走向长度，厚度变化大，约 0.65~5 m，属中高品位矿石。

2) 背虚透镜体状II号矿体群：产出于背斜轴部的虚脱部位，沿着背斜枢纽起伏，严格受背斜的形态控制。矿体沿虚脱空间的裂隙充填，若未遭构造破坏，产出则较完整，呈透镜体状。矿体不连续，规模不大。

3) 矽卡岩型接触带III号矿体群：产出于隐伏的斑状花岗岩体与石磴子组(C_{1sh})接触带。矿体除富含 Pb、Zn 外，还含 S、Fe，可见共生的黄铁矿。矿体沿接触带呈似层状展布，矿体厚度 2~8 m，不连续，与接触带的形态相关，在接触面产状发生明显变化或产生凹陷的部位产出，接触带内可见矽卡岩和明显的矽卡岩化。

4) 接触带外带脉状、柱状IV号矿体群：产出于隐伏斑状花岗岩体接触带外带的石磴子组(C_{1sh})的灰岩裂隙中，离岩体不超过 100 m，矿体附近可见石英晶洞和晶簇。因受裂隙控制，矿体形态在层间滑脱部位和背斜核部剪切裂隙处充填呈脉状，在多种裂隙交汇处充填呈柱状。

6. 边深部找矿标志

柳塘岭矿区内工业矿体均受次一级倒转背斜褶皱两翼之纵切逆掩断层和岩体产出形态之接触带的控制。 F_{66} 为本区主要成矿构造，它纵切倒转背斜之下翼(西翼)，由于挤压作用之故，背斜之下翼受切应力最强，以破裂的方式解除应力，产生巨大的破碎断裂带，形成良好的导矿上升通道，矿液沿裂隙充填成矿或与侵入的隐伏花岗斑岩岩体接触带交代成矿。同时有测水组作为隔挡层，防止矿液扩散，故形成良好的封闭空间，利于形成规模较大、品位较富的矿体。区内边深部主要找矿标志是：

- 1) 石磴子组(C_{1sh})与测水组(C_{1c})接触界面附近的层间破碎带;
- 2) 背斜轴部的虚脱空间;
- 3) 隐伏的花岗斑岩岩体与围岩的接触带;
- 4) 不同产状裂隙交汇地段。

7. 结论

本文结合资源储量核实工作,在前人取得的成果的基础上,对柳塘岭铅锌矿进一步综合研究,主要得出了以下结论:

- 1) 柳塘岭铅锌矿受地层-背斜-断裂、地层-断裂-岩浆岩侵入接触构造联合控制,而非前人认为的只受层位控制。
- 2) 石炭系下统石磴子组(C_{1sh})为铅锌矿床的形成提供了丰富的物质来源,褶皱构造、断裂构造及岩浆岩侵入接触构造为铅、锌的运移提供良好通道和赋矿空间。
- 3) 柳塘岭铅锌矿属多成因类型矿床。区内除前人认为的低温热液充填型铅锌矿床外,还发现有矽卡岩型接触带铅锌矿床。
- 4) 柳塘岭铅锌矿床成矿地质条件有利,边深部找矿远景较好。

参考文献

- [1] 李欣文,廖先平,肖旭华. 湖南桂阳柳塘岭铅锌矿成矿地质特征[J]. 国土资源导刊, 2022, 19(1): 28-33.
- [2] 李欢,王冲,朱大鹏,蒋维诚. 黄沙坪矽卡岩型和脉状铅锌矿成矿环境及其对深部找矿的指示[J]. 中国有色金属学报, 2023, 33(2): 630-651.
- [3] 文静. 湖南黄沙坪铅锌矿区地质特征[J]. 农家参谋, 2018(15): 227.
- [4] 卢友月,杨长明,程顺波,等. 湘南黄沙坪和宝山铅锌多金属矿床成矿时代及成矿物质来源:来自闪锌矿 Rb-Sr 同位素的证据[J]. 华南地质, 2022, 38(3): 472-485.
- [5] 陈云华,彭亮华,张静鸿,等. 南方厚覆盖层区土壤磁组分量测量技术参数试验研究[J]. 矿产与地质, 2022, 36(1): 178-185.
- [6] 康卫清,黄革非. 勘查隐伏矿床的有效方法探讨[J]. 湖南地质, 2001, 20(3): 217-220.
- [7] 周炜坚,邵拥军,赵廉洁. 湖南黄沙坪钨-钼-铜多金属矿床绿泥石特征及其地质意义[J]. 矿产勘查, 2022, 13(Z1): 157-173.
- [8] 付雨昕,赵冻,韩润生. 湘南黄沙坪-宝山矿田构造应力场控矿规律及找矿方向分析[J]. 有色金属(矿山部分), 2022, 74(5): 173-188.
- [9] 邓安平. 黄沙坪多金属矿床流体地球化学研究进展[J]. 价值工程, 2019, 38(17): 244-246.
- [10] 刘凤平. 黄沙坪铅锌矿床断裂构造分形研究及其控矿特征[J]. 价值工程, 2019, 38(21): 247-249.
- [11] 李华锋. 上向水平分层干式充填采矿法在黄沙坪矿的应用[J]. 资源信息与工程, 2018, 33(5): 82-83.
- [12] Zhu, D., Li, H., Jiang, W., et al. (2022) Ore-Forming Environment of Pb-Zn Mineralization Related to Granite Porphyry at Huangshaping Skarn Deposit, Nanling Range, South China. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 32, 3015-3035. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(22\)66000-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(22)66000-X)
- [13] 刘悟辉. 黄沙坪铅锌多金属矿床成矿机理及其预测研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [14] 韩润生,赵冻,吴鹏,等. 湘南黄沙坪铜钨多金属矿床构造控岩控矿机制及深部找矿勘查启示[J]. 地学前缘, 2020, 27(4): 199-218.
- [15] 郭焯. 湖南宝山铜钼矿床地质特征及成矿规律认识[J]. 世界有色金属, 2023(2): 107-109.
- [16] 唐峰. 湖南宝山铅锌银矿地质特征及找矿方向分析[J]. 资源信息与工程, 2018, 33(3): 18-20.
- [17] 徐德明,蔺志永,骆学全,等. 钦-杭成矿带主要金属矿床成矿系列[J]. 地学前缘, 2015, 22(2): 7-24.
- [18] 胡志科. 坪宝矿田找矿信息标志及有效找矿方法探析[J]. 华南地质与矿产, 2002(4): 60-64.
- [19] 许以明,龚述清,江元成,等. 湖南黄沙坪铅锌矿深部找矿前景分析[J]. 地质与勘探, 2007, 43(1): 38-43.