

文章编号: 1000-4734(2020)04-0385-09

# 贵州纳雍枝大型铅锌矿床成矿地质条件分析

张克学<sup>1</sup>, 苏翠兰<sup>1\*</sup>, 唐永永<sup>2</sup>, 谢英敖<sup>1</sup>, 锁瑞强<sup>1</sup>

(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局 一总队, 贵州 贵阳 551400; 2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 纳雍枝铅锌矿床位于贵州中部五指山背斜南东翼, 是贵州省境内发现的第一个大型铅锌矿床。本文利用矿床勘探和开发的最新地质资料, 从成矿背景、构造、地层、岩性和岩相等方面分析了成矿地质条件。结果表明, 五指山背斜控制了矿床的分布, 区内与该背斜轴向近于平行的深断裂为成矿流体运移提供了有利通道, 构造破碎带和地层层间破碎带为成矿提供了良好空间, 赋矿地层下寒武统清虚洞组成矿元素高背景值为成矿提供了物质基础, 地层中的白云岩和泥质白云岩为重要赋矿岩性, 上部泥质白云岩(砂泥质层)+中部瘤状似瘤状白云岩或细-中晶白云岩+上下部泥质白云岩岩性组合是成矿的关键, 有利矿化富集的地段是洼地微相、滩丘微相和过渡微相的急变带, 沉积微相变化营造了良好的成矿环境。

**关键词:** 纳雍枝大型铅锌矿床; 五指山背斜; 成矿条件; 中国贵州

**中图分类号:** P618; P597

**文献标识码:** A

**doi:** 10.16461/j.cnki.1000-4734.2020.40.029

**第一作者:** 张克学, 男, 1965年生, 高级工程师, 主要从事矿产勘查工作. E-mail: 815306449@qq.com

## Analysis of metallogenic geological conditions in the Nayongzhi large Pb-Zn deposit in Guizhou Province, China

ZHANG Ke-xue<sup>1</sup>, SU Cui-lan<sup>1\*</sup>, TANG Yong-yong<sup>2</sup>, XIE Ying-ao<sup>1</sup>, SUO Rui-qiang<sup>1</sup>

(1. 1<sup>st</sup> General Team, Non-ferrous Metals and Nuclear Industrial Geological Exploration Bureau of Guizhou, Guiyang 551400, China; 2. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China)

**Abstract:** The Nayongzhi Pb-Zn deposit, located in the southeastern wing of the Wuzhishan anticline in the central Guizhou, is the first large sized Pb-Zn deposit discovered in Guizhou Province. Based on the most updated geological information of mineral exploration in the deposit, in this paper, we have made a comprehensive analysis on its metallogenic geological conditions, including geological background, structure, stratigraphy, lithology, and rock facies. The results show that the distribution of orebodies of the Nayongzhi deposit was localized by the Wuzhishan anticline. Deep faults, subparallel to the axis of the Wuzhishan anticline, are favorable channels for the migration of ore-forming fluids. Structural and interstratigraphic fracture zones are favorable spaces for the ore deposition. The ore-hosted rocks of Lower Cambrian Qingxudong Formation have high concentrations of ore elements, indicating that they could be sources of ore materials. Dolostone and muddy dolostone of strata are important favorable ore-hosting lithologies, particularly the assemblage of muddy dolostone interlayered with nodular dolostone or fine-intermediate crystalline dolostone. Changes of depositional microfacies could create favorable environments for the ore formation, as abrupt transitional zones of depression, beach-mound, and transition microfacies are especially favored places for the ore mineralization and enrichment.

**Keywords:** Nayongzhi large Pb-Zn deposit; Wuzhishan anticline; metallogenic conditions; Guizhou, China

收稿日期: 2020-06-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: U1812402; 41430315)

\* 通讯作者, E-mail: 118040133@qq.com

纳雍枝铅锌矿床, 位于贵州省中部普定县与织金县交界的五指山背斜南东翼, 2012 年通过评审备案 Pb+Zn 资源量超过 170.86 万 t<sup>[1]</sup>, 是贵州省境内发现的第一个大型铅锌矿床, 改写了贵州省没有大型铅锌矿床历史。许多学者对该矿床进行过研究, 在成矿年代和成矿背景<sup>[2-3]</sup>、矿床地质和控矿因素<sup>[4-8]</sup>、成矿机制和成矿模式<sup>[2,7,9-14]</sup>、远景评价和找矿预测<sup>[5,15-19]</sup>等方面积累了大量资料。五指山背斜成矿条件优越、找矿潜力巨大<sup>[2,17]</sup>, 除研究工作最多、勘探程度最高的纳雍枝大型铅锌矿床外, 还分布有喻家坝、那润、夏补冲、新麦、屯背后和杜家桥等铅锌矿床和矿点<sup>[2,8,17]</sup>, 这些矿床和矿点许多地质特征均可与纳雍枝大型铅锌矿床对比<sup>[2,20-22]</sup>, 该区创新成矿理论指导找矿预测, 有望实现新的找矿突破。本文利用纳雍枝大型铅锌矿床勘探和开发的最新地质资料, 从成矿背景、构造、地层、岩性和岩相等方面分析了成矿地质条件, 以期为进一步揭示成矿过程、总结区域成矿规律和指导成矿预测提供地质支撑。

## 1 矿床地质概况

纳雍枝大型铅锌矿床位于扬子地块西南缘, 所在区域大地构造位置位于特提斯—喜马拉雅与滨太平洋 2 大全球巨型构造域结合部位<sup>[3]</sup>, 所在五指山背斜夹持于南西向紫云—垭都深大断裂、近北东向纳雍—息烽深大断裂和南东向安顺—镇远深大断裂区域之内。矿床位于五指山背斜南东翼, 该矿权设置由 NE 向 SW 划分为玉合、芦茅林、金坡和砂岩 4 个矿段, 目前已探明 Pb+Zn 资源量超过 170.86 万 t<sup>[22]</sup>。许多学者介绍过该矿床地质特征<sup>[4-5,7-8,11,14]</sup>, 总结如下:

1) 赋矿层位稳定、岩性相对单一。矿区出露地层包括下寒武系统金顶山组 ( $C_{1j}$ ) 砂页岩和清虚洞组 ( $C_{1q}$ ) 白云岩、泥质白云岩, 下石炭系统祥摆组 ( $C_{1x}$ ) 炭质页岩和大埔组 ( $C_{1d}$ ) 粗晶白云岩、白云质灰岩, 上二叠统龙潭组 ( $P_3l$ ) 粘土岩、炭质页岩, 下三叠系统大冶组 ( $T_1d$ ) 细碎屑灰岩、白云岩。赋矿层位为下寒武统清虚洞组第 1 段 ( $C_{1q}^1$ ) 和第 2 段 ( $C_{1q}^2$ ), 赋矿岩性主要为泥质白云岩和白云岩。

2) 矿床明显受构造控制。矿区除五指山背斜外, 还发育 NE 向、NW 向断层和层间破碎带, 其中  $F_1$ 、 $F_7$  等 NE 向断层为正断层, 是区内主要的导矿构造,  $F_{12}$  等 NW 向断层控制矿体展布, 是区内主要的配矿构造, 层间破碎带控制了矿体形态和规模, 是区内主要的配矿和容矿构造。

3) 矿体数量众多、形态各异。矿床位于 NE 向  $F_1$  和  $F_7$  断层之间的夹块内, 目前已圈出矿体 50 多个, 不同矿体的规模相差很大。矿体大致可分为 2 种产出形式: 第 1 种主要呈层状、似层状、透镜状产出, 产状与地层基本一致, 分布于芦茅林、金坡和砂岩矿段, 按空间展布自下而上主要可分为 I、II、III 矿层, 其中 I 矿层和 II 矿层均产于  $C_{1q}^1$  上部, 矿体厚度分别为 1.13~9.64 m 和 1.00~29.6 m, III 矿层产于  $C_{1q}^2$  底部, 矿体厚度 1.00~7.50 m; 第二种呈陡倾斜脉状产于  $F_1$  和  $F_7$  断层破碎带, 分布于玉合矿段, 矿体厚度与断层破碎带宽度一致。

4) 矿物组合相对简单、品位变化很大。矿体原生硫化物矿石金属矿物主要为闪锌矿和方铅矿, 少量黄铁矿; 脉石矿物主要为白云石和方解石, 少量石英和重晶石。I 矿层品位  $w(\text{Zn})=3.19\%\sim 13.74\%$ 、 $w(\text{Pb})=0.12\%\sim 4.05\%$ , II 矿层品位  $w(\text{Zn})=0.50\%\sim 36.63\%$ 、 $w(\text{Pb})=0.04\%\sim 4.05\%$ , III 矿层品位  $w(\text{Zn})=0.49\%\sim 4.82\%$ , 陡倾斜脉状矿体品位 Pb+Zn 一般大于 10%。

5) 矿石类型繁多、结构复杂。矿石类型氧化程度主要为原生矿石, 地表和浅部分布有氧化和混合矿石。按矿化元素主要为铅锌和锌矿石, 少量铅矿石, 按矿物组合主要为闪锌矿-方铅矿和闪锌矿矿石, 少量方铅矿和闪锌矿-方铅矿-黄铁矿矿石, 按结构构造主要为块状、浸染状、脉状、网脉状、条带状和角砾状矿石。矿石构造主要为块状、浸染状、脉状、网脉状、条带状、角砾状等构造, 矿石结构常见他形-自形粒状、交代残余、碎裂、包含等结构。

6) 围岩蚀变相对简单。主要有黄铁矿化、白云石化和方解石化, 偶见硅化、重晶石化和萤石化, 其中白云石化和硅化与矿化关系密切, 在空间上沿矿体延伸方向普遍发育, 形成蚀变白云岩和硅质白云岩。

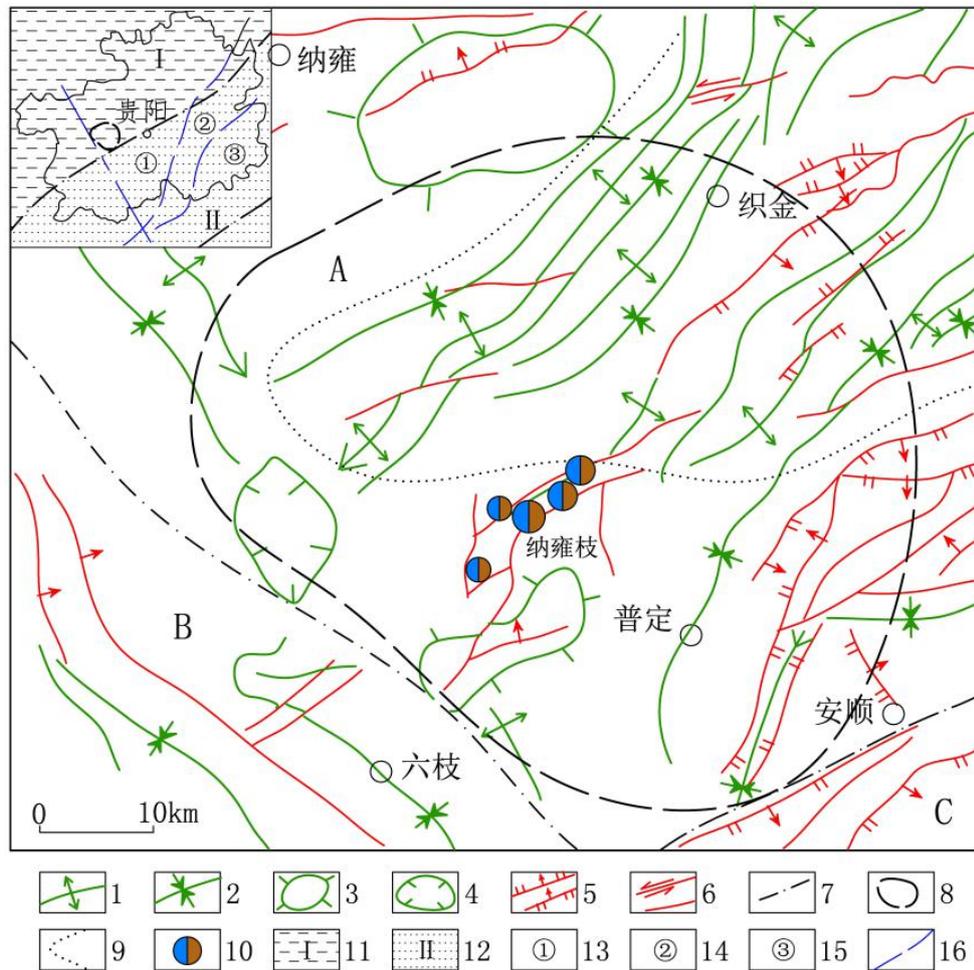
7) 成矿期次划分。矿床的形成过程可分为3期: 沉积成岩期、热液成矿期和表生期, 其中热液成矿期可进一步划分为闪锌矿-方铅矿-黄铁矿-白云石土方解石阶段和方铅矿-白云石土方解石-石英阶段。

## 2 成矿地质条件分析

### 2.1 成矿地质背景

纳雍枝大型铅锌矿床所在的五指山背斜位于扬子陆块西南缘的织金构造变形区。区内出露震旦系至白垩系, 其中石炭系、二叠系和三叠系出露全、分布广、沉积厚度大, 赋矿层位主要为下寒武统清虚洞组 (C<sub>1q</sub>)、少量上震旦统灯影组 (Z<sub>2d</sub>) [2,8,17,20]。上二叠统峨眉山玄武岩在黔西北地区广泛产出, 在五指山背斜区剥蚀殆尽。构造经历了武陵-喜马拉雅的多次构造运动, 形成了不同的构造形迹。由于不同序次构造块体之间的力学性质差异, 不同的边界条件, 导致形成构造块体分布。五指山背斜南西缘为六盘水断陷, 安顺以南为江南复合造山带的黔南坳陷。区内构造格架主体呈北东向展布, 南部宽阔的构造穹隆和构造盆地发育, 断裂相对密集, 显示刚性较强的能干特点; 北部以北东向的长轴紧闭褶皱发育为特征, 显示了柔性变形为主的特点 (图1)。五指山宽缓复式背斜为区内重要褶皱, 控制了铅锌矿床

(点) 的展布。主要赋矿层位下寒武统清虚洞组 (C<sub>1q</sub>) 为地势较高的碳酸盐台地相沉积, 形成厚度大于300 m 的细-粗晶白云岩夹瘤状和似瘤状白云岩、含泥质白云岩、细-中晶白云岩等等的岩石组合。纳雍枝大型铅锌矿床, 包括五指山背斜其他铅锌矿床 (点) 即是这种特殊地质背景下成矿作用的产物。



1-背斜; 2-向斜; 3-构造穹窿; 4-构造盆地; 5-正断层和逆断层; 6-平移断层和性质不明断层; 7-深大断裂 (A: 织金构造变形区 B: 六盘水断陷 C: 黔南裂陷); 8-五指山相区范围; 9-刚性变性区与柔性变形区界线; 10-铅锌矿床; 11-扬子陆块; 12-江南复合造山带; 13-武陵统早期碳酸盐台地相; 14-斜坡相; 15-深海陆棚相; 16-岩相分区界线

图1 五指山背斜区域构造纲要及岩相分区图 (1:20 万地质图修改)

Fig. 1. Map for tectonic outlines and lithofacies in the area of the Wuzhishan anticline.

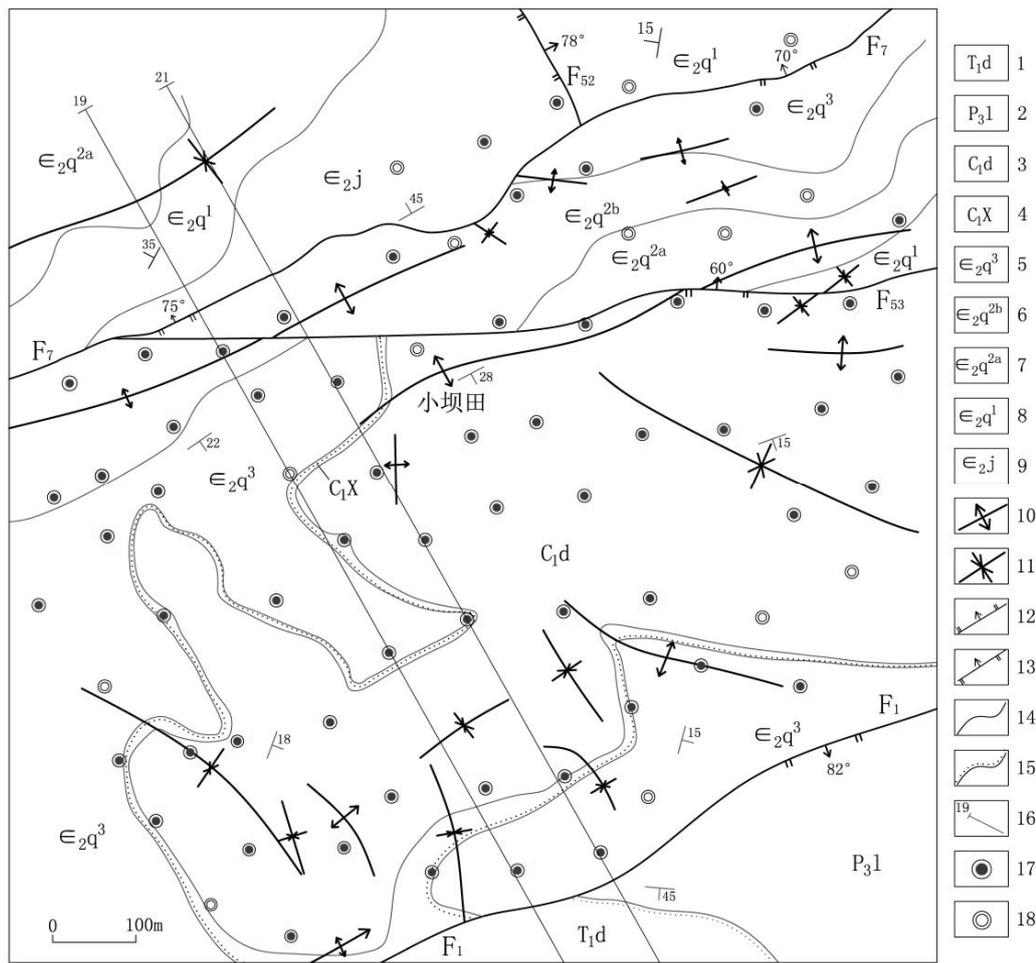
### 2.2 构造与成矿

纳雍枝大型铅锌矿床主要构造有五指山背斜及 F<sub>1</sub>、F<sub>7</sub> 及 F<sub>53</sub> 等断层 (图 2)。五指山背斜为核部被破坏的不对称宽缓长轴复式背斜, 轴向 NEE, 长约 14 km、宽 5 km, 轴部主要出露震旦系、寒武系、石炭系, 北西翼主要出露石炭系、二叠系、三叠系地层, 南东翼主要出露寒武系、石炭系、三叠系和白垩系。该背斜控制着铅锌矿床 (点) 的分布<sup>[2,17]</sup>, 目前本区已发现的铅锌矿床 (点) 主要产于背斜核部及两翼的下寒武统清虚洞组 (C<sub>1q</sub>) 地层、少量产于上震旦系灯影组 (Z<sub>2d</sub>) 地层。矿区断层十分发育, 按走向大体分为 NE 向、NW 向和近 EW 向断层, 其中 NE 向 F<sub>1</sub> 和 F<sub>7</sub> 断层规模最大, 走向大致与五指山背斜轴向平行, 为区内主要的导矿构造<sup>[2,11]</sup>, 纳雍枝矿床绝大部分矿体产于这两断层之间的夹块内 (图 2、图 3)。

五指山背斜构造与铅锌成矿关系密切, 主要体现分级控矿特点: 1) 背斜控制区域铅锌矿床 (点) 呈 NE 向展布, 铅锌矿床 (点) 主要产于背斜核部及两翼的 C<sub>1q</sub> 和 Z<sub>2d</sub> 地层; 2) 纳雍枝矿区主要断层 F<sub>1</sub>、F<sub>7</sub> 控制

矿体的产出范围 (图 3), 主断层旁侧的次级褶皱及挤压破碎空间是富含铅锌的成矿流体卸载富集有利地段; 3) 次级褶皱、断层破碎带发育程度及构造作用强度与铅锌矿化成正相关, 在应力释放强褶皱核部、主断层旁侧 800 m 范围内, 常形成厚度大、层数多、品位相对高的矿

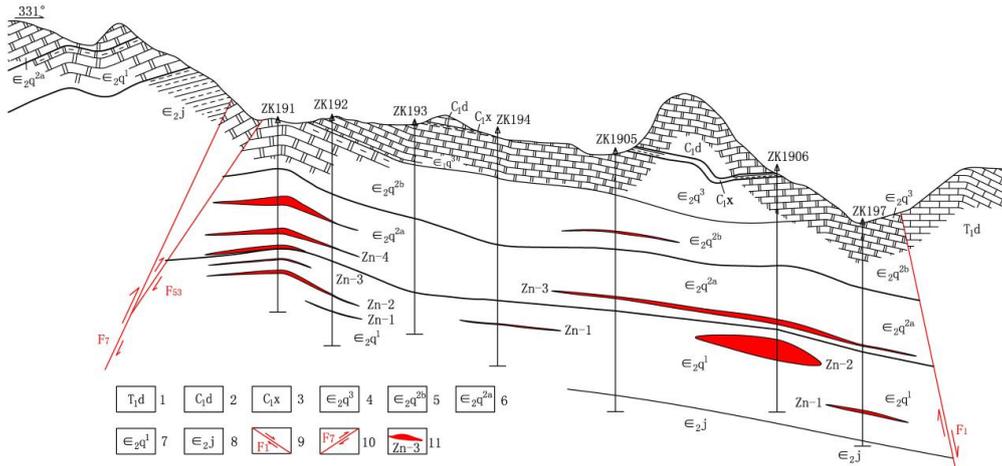
体 (图 3); 4) 背斜及其次级背斜和向斜的核部是成矿的有利地段 (图 4), 如小坝田西侧矿体受 NNW 向的向斜控制, 南部矿体则受到一系列密集的褶皱控制。



1-大冶组; 2-龙潭组; 3-大埔组; 4-祥摆组; 5-清虚洞组第三段; 6-清虚洞组第二段 b 层; 7-清虚洞组第二段 a 层; 8-清虚洞组第一段; 9-金顶山组; 10-背斜; 11-向斜; 12-正断层; 13-逆断层; 14-地层界线; 15-不整合地层界线; 16-勘探线; 17-见矿钻孔; 18-未见矿钻孔

图 2 纳雍枝大型铅锌矿床东部实测地质图

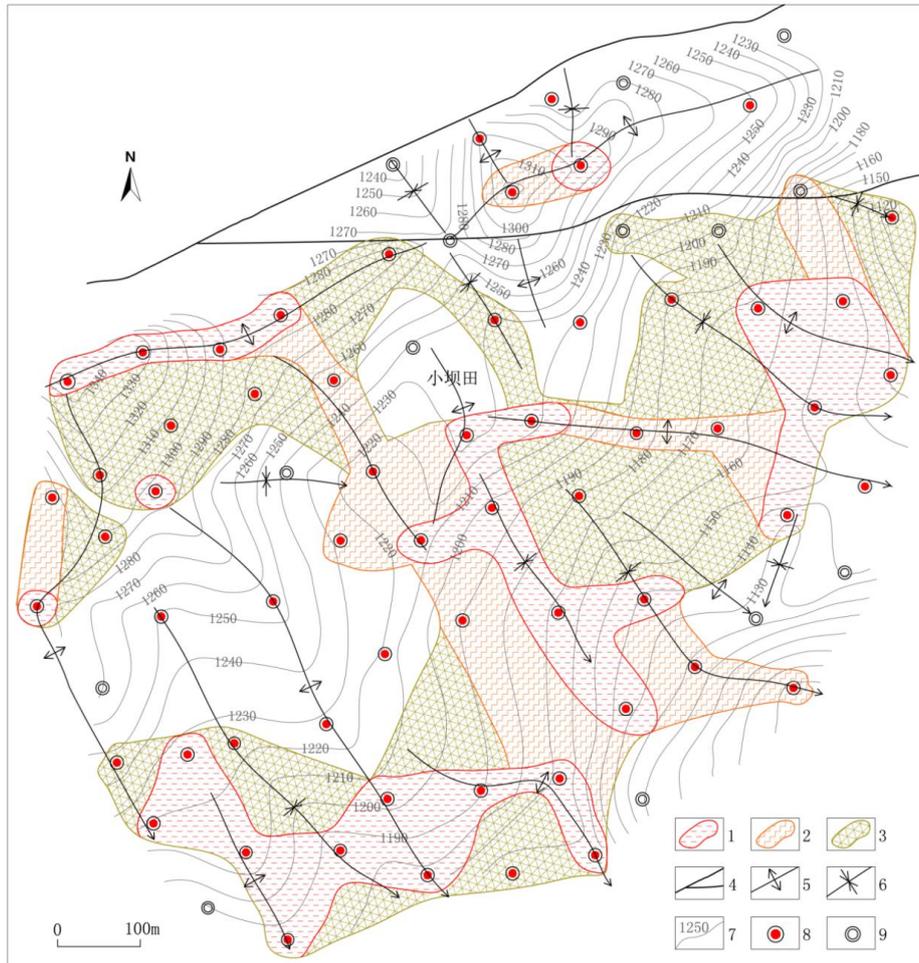
Fig. 2. Geological map of the eastern part for the Nayongzhi large Pb-Zn deposit.



1-大冶组; 2-大埔组; 3-祥摆组; 4-清虚洞组第三段; 5-清虚洞组第二段 b 层; 6-清虚洞组第二段 a 层;  
7-清虚洞组第一段; 8-金山组; 9-正断层; 10-逆断层; 11-矿体

图 3 纳雍枝大型铅锌矿床 19 号勘探线剖面图

Fig. 3. Cross-section of the No.19 exploration line for the Nayongzhi Pb-Zn deposit.



1-矿体中  $w(\text{Zn}) \geq 5\%$  投影区域, 2-矿体中  $w(\text{Zn}) 3\% \sim 5\%$  投影区域, 3-矿体中  $w(\text{Zn}) 1\% \sim 3\%$  投影区域, 4-断层, 5-背斜, 6-向斜, 7- $\text{C}_{1q}^1$  顶板等高线, 8-见矿钻孔, 9-不见矿钻孔

图 4 纳雍枝大型铅锌矿床 Zn-1 和 Zn-2 矿体品位变化与  $\text{C}_{1q}^1$  顶板等高线关系图

Fig. 4. Relationship between ore grades of Zn-1 and Zn-2 ore bodies and their roof-rock contours from the Nayongzhi Pb-Zn deposit.

### 2.3 地层与成矿

纳雍枝大型铅锌矿床出露寒武系、石炭系、二叠系和三叠系(图2),其中下寒武统清虚洞组( $C_{1q}$ )为赋矿地层。该套地层从下至上以薄层泥质白云岩为界分为3段:第1段( $C_{1q}^1$ ),厚82~173 m,从底部到顶部可分出5个岩性层,即1)砂砾屑白云岩,2)细晶-中晶白云岩、含泥质层纹状白云岩,3)瘤状、似瘤状含泥质泥-粉晶白云岩,4)层纹状泥质白云岩、细-中晶白云岩,5)砂泥质白云岩;第2段( $C_{1q}^2$ ),分为a、b等2层, a为下层,厚26~180 m,主要由细-粗晶白云岩、层纹状含泥质白云岩和瘤状、似瘤状含泥质泥-粉晶白云岩组成,下部瘤状、似瘤状白云岩的比例较高,顶部为泥砂质白云岩, b为上层,厚21~115 m,上部由层纹状含泥质白云岩、细晶白云岩和瘤状、似瘤状泥-粉晶白云岩组成,下部以瘤状、似瘤状泥-粉晶白云岩为主,底部为一层鲕粒白云岩,顶部为砂泥质白云岩;第3段( $C_{1q}^3$ ),厚30~76 m,以细-中晶白云岩、层纹状含泥质白云岩为主,有时夹少量瘤状、似瘤状白云岩,偶含鲕粒白云岩。

虽然下寒武统清虚洞组( $C_{1q}$ )为纳雍枝大型铅锌矿床的赋矿地层,但该套地层并不是所有岩性段都赋矿,只有其中的第1段和第2段a层才是矿床的直接赋矿围岩<sup>[2,5-7,11,14]</sup>,这些岩性段也是五指山背斜除杜家桥外其他铅锌矿床(点)的直接赋矿围岩<sup>[2,8,11,17,20-21]</sup>。谭华<sup>[15]</sup>的统计资源表明(表1),五指山背斜Pb、Zn、Ag、As等成矿元素的背景值与大陆沉积岩<sup>[23]</sup>相比,均明显富集,以清虚洞组( $C_{1q}$ )中Pb、Zn富集最为显著,富集系数分别达5.20和6.81。同时可见,清虚洞组( $C_{1q}$ )中Pb、Zn、Ag、As含量在第2段最富集,全层位含量也高于下寒武统金顶山组( $C_{1j}$ )和下石炭统大埔组( $C_{1d}$ )。清虚洞组( $C_{1q}$ )相对富集Pb、Zn等成矿元素可能与其浅海生物礁相沉积环境有关,张良旭<sup>[24]</sup>认为在沉积成岩过程中部分Pb、Zn等成矿元素被有机质、泥质物吸附,形成铅锌矿床的初始富集有关。因此,下寒武统清虚洞组( $C_{1q}$ )高Pb、Zn等成矿元素背景值,为五指山背斜在这套地层中大规模成矿奠定了物质基础。

表1 贵州五指山背斜不同时代地层成矿元素含量( $w_B/10^{-6}$ )

Table 1 Ore elemental concentrations of variously aged strata in the Wuzhishan anticline

地层单元	样品数	Pb	Zn	Ag	As
下寒武统金顶山组( $C_{1j}$ )	135	13.1	50.1	0.15	7.61
下寒武统清虚洞组第一段( $C_{1q}^1$ )	171	60.6	294	0.19	10.1
下寒武统清虚洞组第二段( $C_{1q}^2$ )	304	74.5	504	0.20	11.
下寒武统清虚洞组第三段( $C_{1q}^3$ )	135	36.6	122	0.17	4.69
下石炭统大埔组( $C_{1d}$ )	33	24.2	82.8	0.16	6.62
五指山背斜背景值	719	43.2	156	0.18	9.55
大陆沉积岩 <sup>[23]</sup>		11.0	45.0	0.07	5.0

注:不同时代地层成矿元素含量和五指山背斜背景值据谭华<sup>[15]</sup>统计,地层的岩性特征见正文。

### 2.4 岩性与成矿

纳雍枝大型铅锌矿床广泛出露的下寒武统清虚洞组( $C_{1q}$ ),其赋矿岩性段与非赋矿岩性段的岩性特征及岩性组合具有明显差别。为识别成矿有利的优势岩性,本次工作对3个主要矿层Zn-1、Zn-2和Zn-3见矿样品按不同岩性和长度进行了统计(表2),发现瘤状、似瘤状白云岩最有利于Zn等成矿元素富集,其次是细-粗晶白云岩,而颗粒白云岩、鲕状白云岩相对较弱。上述认识得到本区钻孔ZK1906和ZK292岩性、矿化编录及Zn含量分析结果的支持(图5)。可见,本区成矿元素的富集对不同岩性有明显的选择性。

矿区出露的下寒武统清虚洞组( $C_{1q}$ )地层,以泥质白云岩为界从下至上划分3个岩性段,即 $C_{2q}^1$ 、 $C_{2q}^2$ 和 $C_{2q}^3$ 。图5显示,断层旁侧的上部泥质白云岩(砂泥质层)+中部瘤状似瘤状白云岩或细-中晶白云岩+下上部泥质白云岩组合是成矿元素富集成矿的有利部位,剖面上岩性单一且较纯的白云岩分布

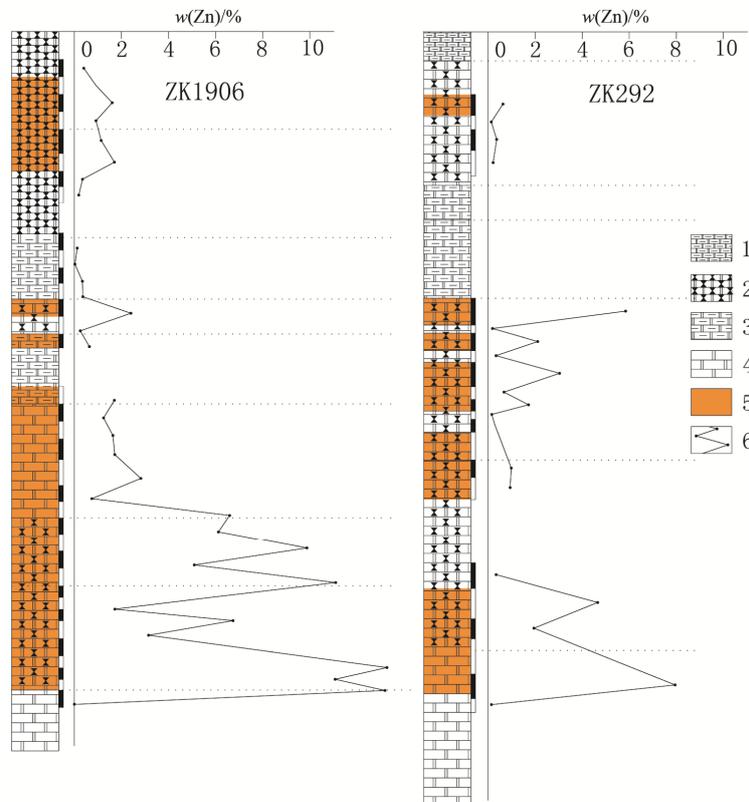
区不利于矿化富集。这是由于成矿流体在构造驱动力作用下，沿断裂构造向减压空间运移过程中，在沉积厚度大、岩石颗粒粗、孔隙度大、渗透性好、地球化学性质活泼的白云岩中易迁移并水岩反应，在其上下分布有泥质岩层隔挡层时，利于形成地球化学障和圈闭的容矿空间，在成矿流体在物理化学条件改变时，能促进流体快速卸载，集中富集成矿。可见，本区有利的岩性组合是成矿元素从流体中沉淀成矿的关键。

表 2 纳雍枝大型铅锌矿床赋矿地层岩性含量统计

Table 2. Statistics of proportions of ore-hosting lithologies from the Nayongzhi Pb-Zn deposit

岩石名称	样品件数	样品长度/m	岩性占比/%
瘤状、似瘤状白云岩	234	293.89	64.2
含泥质、层纹状白云岩	23	24.12	5.3
砂泥质白云岩	8	11.2	2.4
细-粗晶白云岩	76	114.36	25
颗粒白云岩	3	2.3	0.5

注：本次工作统计，统计矿体编号 Zn-1Zn-2 和 Zn-3。



1-泥质白云岩（砂泥质层）；2-瘤状似瘤状白云岩；3-含泥质层纹状白云岩；4-细-中晶白云岩；5-锌矿体；6-样品锌含量曲线

图 5 纳雍枝大型铅锌矿床钻孔 ZK1906 和 ZK292 样品 Zn 含量折线图

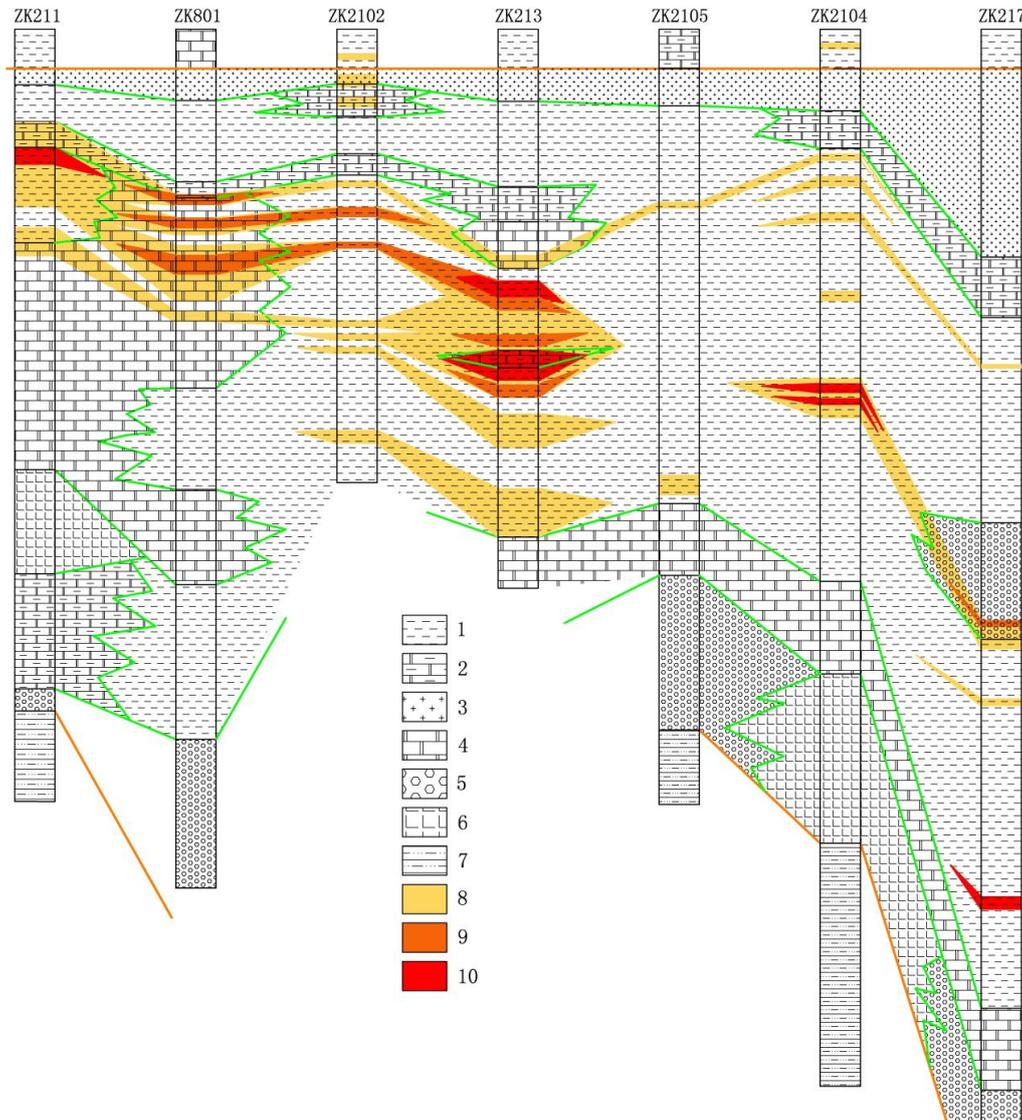
Fig. 5. Contents of Zn in samples of the ZK1906 and ZK-292 holes of the Nayongzhi Pb-Zn deposit.

### 2.5 岩相与成矿

五指山背斜广泛出露的下寒武统清虚洞组，属浅海碳酸盐台地相沉积<sup>[25]</sup>。根据岩石组合及结构构造进一步划分为洼地微相、滩丘微相和过渡微相。洼地微相多呈狭长的条状分布，长 50~550 m、宽 30~80 m，沉积形成了以瘤状、似瘤状为主的泥-粉屑白云岩，胶结物以泥晶为主，含炭泥质，代表低能、还原条件下快速堆积形成；滩丘微相多呈等轴状或短轴状，直径一般 50~80 m，主要沉积形成细-粗晶白云岩，不含或少量见瘤状、似瘤状白云岩，水平层理较发育，常见交错层理，代表海水较为动

荡的高能环境；过渡微相分布于二者之间，面积较大，沉积岩性较复杂，常见层纹状粉屑-砂砾屑含泥质白云岩、瘤状似瘤状泥-粉屑白云岩、细-粗晶白云岩等，代表海水深浅时常改变特征。

从图 6 中可以看出，纳雍枝大型铅锌矿床有利矿化富集的地段是不同微相的急变带，同一相区内，岩性组合连续性好、差异性不明显的地段不利于成矿元素的富集，含 Zn 相对较高的矿体多处于在垂向和横向上岩性变化较大的部位。因此，本区下寒武统清虚洞组 (C<sub>1q</sub>) 沉积微相变化营造了良好的铅锌成矿环境。



1-瘤状、似瘤状白云岩；2-含泥质层纹状白云岩；3-泥质白云岩（泥砂质层）；4-细-中晶白云岩；5-颗粒白云岩；6-鲕状白云岩；7-泥质粉砂岩；8- w(Zn) 1%~3%矿体；9- w(Zn) 3%~5%矿体；10- w(Zn) ≥5%矿体

图 6 纳雍枝大型铅锌矿床 21 号勘探线钻孔柱状对比图

Fig. 6. Comparison of lithology and mineralization in the drill holes along the No.21 exploration line in the Nayongzhi Pb-Zn deposit.

### 3 主要结论

1) 五指山背斜控制了纳雍枝铅锌矿床的分布，该背斜两翼、与轴向近于平行的深断裂为重要的导矿构造，为成矿流体运移提供了有利通道，构造破碎带和地层层间破碎带为重要的容矿构造，为成矿元素沉淀成矿提供了良好空间。

2) 纳雍枝铅锌矿床赋矿地层下寒武统清虚洞组 ( $\text{C}_1q$ ) 成矿元素高背景值为成矿提供了物质基础, 该套地层中的白云岩和泥质白云岩为重要赋矿岩性, 断层旁侧的上部泥质白云岩(砂泥质层)+中部瘤状似瘤状白云岩或细-中晶白云岩+下上部泥质白云岩岩性组合是成矿的关键。

3) 本区下寒武统清虚洞组 ( $\text{C}_1q$ ) 沉积微相划分为洼地微相、滩丘微相和过渡微相, 有利矿化富集的地段是不同微相的急变带, 富 Zn 矿体多处于在垂向和横向上岩性变化较大的部位, 沉积微相变化营造了良好的成矿环境。

**致谢:** 野外地质工作过程中得到贵州泛华矿业集团有限公司领导及相关科技人员的大力支持和帮助; 参加工作的除本文作者外, 还有贵州省有色金属和核工业地质勘查局一总队和地质矿产勘查院其他科技人员; 贵州省有色金属和核工业地质勘查局金中国总工、中国科学院地球化学研究所黄智龙研究员对本文提供了宝贵修改意见。在此一并感谢!

## 参考文献:

- [1] 王兵, 朱尤青, 林贵生, 等. 纳雍枝铅锌矿床——贵州第一个大型铅锌矿床的发现和探明过程[J]. 矿物学报, 2020, 40(4): 518-522.
- [2] 金中国, 周家喜, 郑明泓, 等. 贵州普定五指山地区铅锌矿床成矿模式[J]. 矿床地质, 2017, 36(5): 1169-1184.
- [3] 王生伟, 金灿海, 张均, 等. 贵州五指山特大型铅锌矿床闪锌矿的 Rb-Sr 定年及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2018, 38(3): 77-87.
- [4] 邹建波, 肖凯, 李坤. 贵州五指山地区铅锌矿床地质特征及其控矿因素[J]. 贵州地质, 2009, 26(2): 101-105+121.
- [5] 吴先彪, 朱尤清, 廖树衡, 等. 贵州五指山背斜纳雍枝铅锌矿地质特征及找矿前景分析[J]. 地质与资源, 2013, 22(6): 493-498.
- [6] 彭松, 金中国, 林贵生, 等. 贵州五指山铅锌矿区控矿因素及成矿模式研究——以纳雍枝矿床为例[J]. 矿产勘查, 2016, 7(3): 463-470.
- [7] 陈伟, 孔志岗, 刘凤祥, 等. 贵州纳雍枝铅锌矿床地质、地球化学及矿床成因[J]. 地质学报, 2017, 91(6): 1269-1284.
- [8] 王兵, 金中国, 邓明国. 贵州五指山铅锌矿地质特征、控矿因素及成矿模式研究[J]. 矿产与地质, 2018, 32(1): 74-78.
- [9] 金灿海, 李坤, 黄林, 等. 黔西北纳雍枝铅锌矿硫铅同位素组成特征及成矿物质来源[J]. 矿物岩石, 2015, 35(3): 81-88.
- [10] 黄林, 郭阳, 王生伟, 等. 贵州五指山特大型铅锌矿床成矿流体特征及其地质意义[J]. 矿物岩石, 2018, 38(4): 39-48.
- [11] 金中国, 周家喜, 黄智龙, 等. 贵州普定纳雍枝铅锌矿床成因: S 和原位 Pb 同位素证据[J]. 岩石学报, 2016, 32(11): 3441-3455.
- [12] 杨兴玉, 周家喜, 安琦, 等. 贵州纳雍枝铅锌矿床还原 S 的形成机制: NanoSIMS 原位 S 同位素约束[J]. 矿物学报, 2018, 38(6): 593-599.
- [13] Wei C, Huang Z L, Yan Z F, et al. Trace Element Contents in Sphalerite from the Nayongzhi Zn-Pb Deposit, Northwestern Guizhou, China: Insights into Incorporation Mechanisms, Metallogenic Temperature and Ore Genesis [J]. Minerals, 2018, 8: 490. doi:10.3390/min8110490.
- [14] Zhou J X, Wang X C, Wilde S A, et al. New insights into the metallogeny of MVT Pb-Zn deposits: A case study from the Nayongzhi in South China, using field data, fluid compositions, and in situ S-Pb isotopes [J]. American Mineralogist, 2018, 103(1): 91-108.
- [15] 谭华. 贵州五指山地区铅锌矿地质特征及找矿远景[J]. 贵州地质, 2007, 24(4): 253-257+252.
- [16] 陈贤武. 激发极化法在贵州普定县那雍枝地区铅锌矿勘查中的应用[J]. 贵州地质, 2013, 30(1): 23-25+27+22.
- [17] 陈国勇, 王亮, 范玉梅, 等. 贵州五指山铅锌矿田深部找矿远景分析[J]. 地质与勘探, 2015, 51(5): 859-869.
- [18] 任厚州, 杨兴玉, 安琦, 等. 贵州纳雍枝水东—织金五指山地区铅锌“三位一体”成矿特征及找矿意义[J]. 矿产勘查, 2018, 9(11): 2104-2109.
- [19] 王亮, 陈国勇, 张嘉玮. 贵州织金—五指山地区 1:5 万地磁资料揭示的蚀变信息及找矿地质意义[J]. 工程地球物理学报, 2019, 16(1): 7-17.
- [20] 谭华, 王国荣, 兰安平. 贵州省织金县杜家桥铅锌矿床地质特征及成矿规律浅析[J]. 贵州地质, 2012, 29(3): 169-172+239.
- [21] 吴才进, 陆跃荣, 任厚州. 贵州省织金县新麦铅锌矿床地质特征及找矿潜力[J]. 现代矿业, 2018, 34(8): 56-58.
- [22] 韦晨, 叶霖, 黄智龙, 等. 黔西北五指山地区铅锌矿床研究新进展及对成矿带归属的启示[J]. 矿物学报, 2020, 40(4): 394-403.
- [23] 黎彤. 中国陆壳及其沉积层和上陆壳的化学元素丰度[J]. 地球化学, 1994 (2): 140-145.
- [24] 张良旭. 碳酸盐岩热分解对改造成矿的作用[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1988, 24(1): 88-95.
- [25] 邹建波, 陈国勇, 刘爱民, 等. 贵州五指山地区铅锌赋矿地层清虚洞组微相特征及其指相意义[J]. 中国西部科技, 2009, 8(18): 10-11+9.