

文章编号: 1000-4734(2017)06-0701-08

# 黔西北产于震旦系中铅锌矿床地质特征与控矿因素——以纳雍水东地区铅锌矿床为例

赵征<sup>1</sup>, 胡宇思<sup>2</sup>, 谭华<sup>3</sup>, 徐磊<sup>1</sup>, 任厚州<sup>1</sup>, 卢贤达<sup>1</sup>

(1. 贵州省地矿局 一〇四地质大队, 贵州 都匀 558000; 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; 3. 贵州省地质矿产勘查开发局, 贵州 贵阳 550004)

**摘要:** 黔西北地区是贵州省最重要的铅锌资源基地之一, 具有良好找矿前景。该区铅锌矿床主要集中富集于寒武系—二叠系中, 震旦系中的铅锌矿床报道不多, 主要分布织金与普定县交界的五指山和纳雍县水东地区。有关该套地层赋存的铅锌矿床, 其地质、地球化学研究非常薄弱, 该类型铅锌矿床在本区是否具有找矿前景是值得深入研究的科学问题。本文以纳雍县水东地区铅锌矿床为例, 通过总结该区矿床地质特征, 探讨其成矿规律。结果表明, 该区铅锌矿床改造特征明显, NE 和 NW 向断层构造是最重要的控矿因素, 其中矿物组成简单, 以闪锌矿、方铅矿和黄铁矿为主, 与川滇黔地区铅锌矿床具有相似的地质、地球化学特征。此外, 震旦纪灯影期地质构造环境、沉积环境、高水位体系域、古断裂、微生物和后期构造控制了本区震旦系中铅锌矿床(点)的产出。该成果不仅为认识黔西北地区赋存于震旦系中的铅锌矿化作用提供地质依据, 也拓宽了该区今后铅锌地质勘探的思路。

**关键词:** 铅锌矿床; 矿床地质特征; 成矿规律; 控矿因素; 震旦系地层; 贵州纳雍水东地区

**中图分类号:** P612; P618.4 **文献标识码:** A **doi:** 10.16461/j.cnki.1000-4734.2018.38.247

**作者简介:** 赵征, 男, 1963 年生, 高级工程师, 主要从事矿产勘查与成矿规律研究工作. E-mail: 1098141942@qq.com

## Geological Characteristics and Ore-controlling Factors of Pb-Zn Deposits hosted in Sinian strata in NW Guizhou: A Case Study of the Pb-Zn Deposits in the Shuidong area in Nayong County

ZHAO Zheng<sup>1</sup>, HU Yu-si<sup>2</sup>, TAN Hua<sup>3</sup>, XU Lei<sup>1</sup>, REN Hou-zhou<sup>1</sup>, LU Mao-da<sup>1</sup>

(1. No. 104 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Duyun 558000, China; 2. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China; 3. Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang 550004, China)

**Abstract:** The NW Guizhou Pb-Zn metallogenic district is one of the most important Pb-Zn resource bases in Guizhou Province, with good ore prospecting prospects. The Pb-Zn deposits in this area mainly occurred in the Cambrian-Permian strata. The Pb-Zn deposits hosted in Sinian strata are limitedly reported. They are mainly distributed in the Wuzhishan and Shuidong areas in the junction of Puding and Zhijin counties. The relevant geological and geochemical research on this type of Pb-Zn deposits is in a very low level. Whether this type of deposit has good prospecting prospects or not in this area is a scientific problem worth to be further studied. Taking the Pb-Zn deposits in the Shuidong area in Nayong County as examples, we have summarized the geological characteristics of these deposits and discussed their ore-forming regularities in this paper. The results show that the Pb-Zn deposits in this area have obvious reworking characteristics, with the most important ore-controlling factors of the NE- and NW-trending faults, simple association of minerals including mainly sphalerite, galena, and pyrite, and have similar geological and geochemical characteristics to the Pb-Zn deposits in

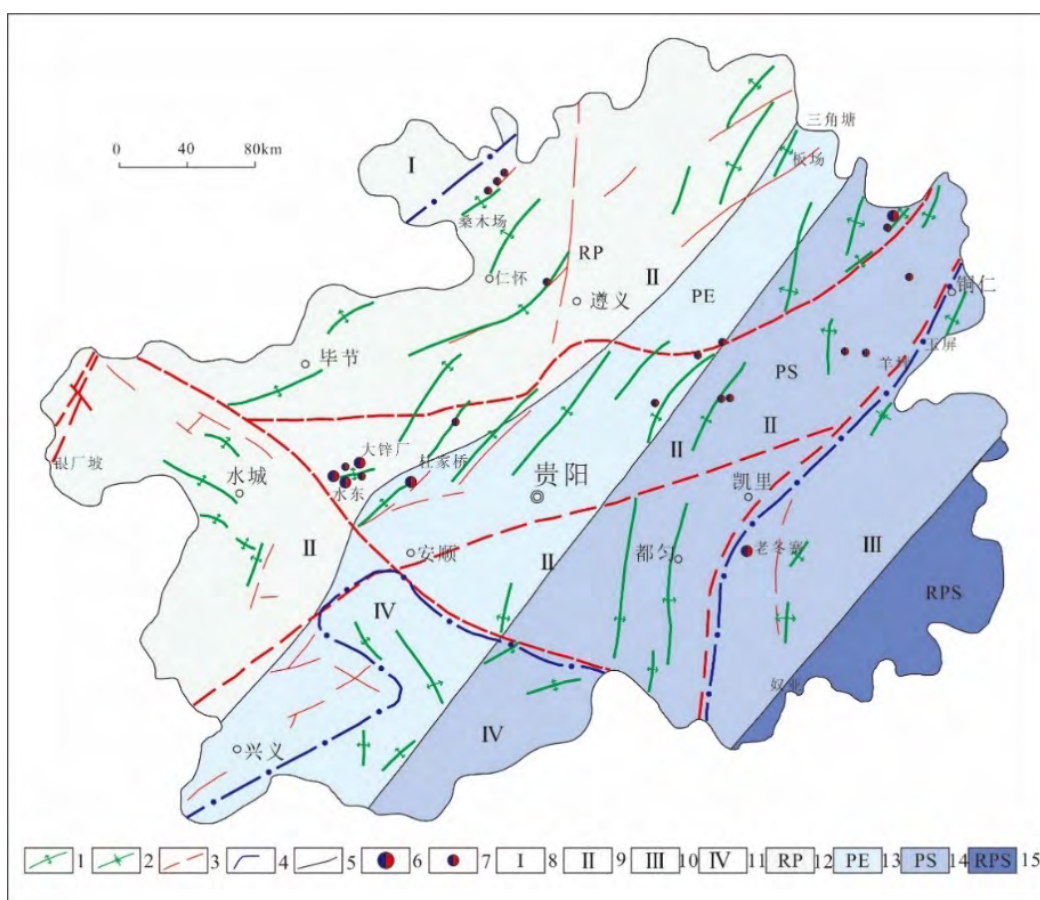
**收稿日期:** 2018-07-25

**基金项目:** 贵州省科学技术基金重点项目(黔科合基础[2017]1421); 贵州省地矿局科研项目(2017[4]; 2016[40]; 2016[09]); 贵州省地矿局科研专项(黔地矿纪要 2015[14])

the Sichuan-Yunnan-Guizhou metallogenic district. In addition, the geological tectonic setting, sedimentary environment, and high water system domain in Simian Dengying epoch, ancient faults, microbes, and later structures also controlled the occurrence of the Pb-Zn deposits (mineral occurrences) hosted in the Sinian strata. This achievement not only has provided a geological basis for understanding the Pb-Zn mineralization in the Sinian strata in northwest Guizhou, but also has widened the thought for future geological exploration of Pb-Zn deposits in this area.

**Keywords:** Pb-Zn deposit; geological characteristics of deposit; metallogenic regularity; ore-controlling factor; Sinian strata; the Shuidong area in Nayong County, Guizhou

寒武系和震旦系是川滇黔铅锌成矿域主要赋矿层位, 其次为石炭系<sup>[1-2]</sup>。贵州境内赋存于震旦系碳酸盐岩中的铅锌矿床(点)相对较少<sup>[3-6]</sup>, 在黔中和黔西北地区仅在背斜轴部剥蚀较深的部位零星分布, 而黔东南地区主要呈带状分布于黎平、从江和榕江地区和沿荔波—三都—台江—铜仁—松桃一线, 包括习水桑木场背斜、遵义松林背斜、金沙岩孔背斜、黄平上塘背斜、织金与普定交界的五指山背斜、纳雍水东穹状背斜轴等地(图1), 主要受纳雍—息烽—松桃断裂、铜仁—丹寨—三都断裂及其它一系列北东向断层控制。



1.背斜; 2.向斜; 3.断层; 4.构造分区界线; 5.沉积相边界; 6.小型矿床; 7.铅锌矿点或矿化点; 8.赤水宽缓褶带; 9.贵州侏罗山式褶皱带; 10.黔东南断裂褶皱带; 11.南盘江造山型褶皱带; 12.局限台地相; 13.台地边缘相; 14.台地边缘斜坡相; 15.深水滞留陆盆相

图1 贵州省晚震旦世灯影组岩相古地理、古断裂及铅锌矿床(点)分布图(转引文献[7]修改)

Fig. 1. The map showing distribution for lithofacies paleogeography and paleo-fractures of Guizhou Province in late Sinian Dengying epoch and Pb-Zn deposits (mineral occurrences) hosted in the late Sinian Dengying Formation in Guizhou Province, China.

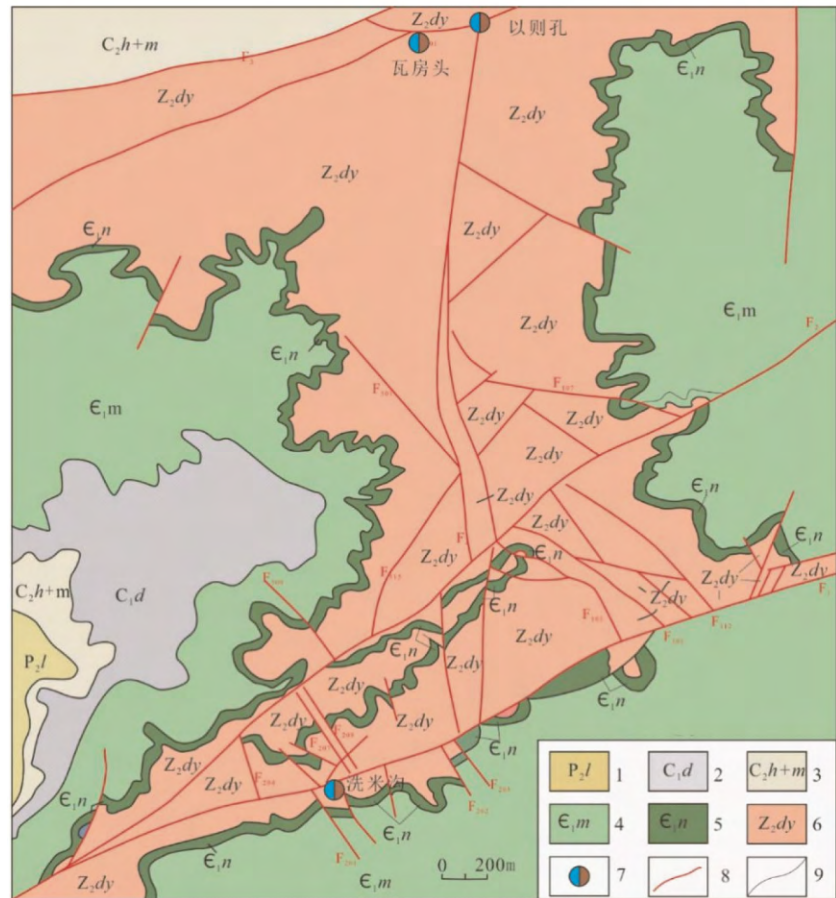
黔西北地区是川滇黔铅锌成矿域的重要组成部分之一, 近年来, 越来越多的地质勘探和地质研究表明, 黔西北地区是贵州省最重要的铅锌资源基地之一, 具有良好找矿前景<sup>[4-8]</sup>, 该区铅锌主要集中富

集于寒武系—二叠系中,震旦系中铅锌矿床(点)的报道不多,主要分布织金与普定县交界的五指山(织金杜家桥)<sup>[9-10]</sup>和纳雍县水东地区,已发现大、中型矿床各一个,矿点(矿化点)数十个,如纳雍县水东包包寨、田坝寨、下摆河、垭口寨、坡头上、磨石沟、小营上、九股井、喻家岩、峰子岩和以则孔穿洞、孔半坡、孔麻窝、孔酸枣树等铅锌矿点,其分布受构造抬升和剥蚀程度控制,但水东地区铅锌矿床相关地质地球化学研究非常薄弱,该类型矿床在本区是否具有找矿前景是值得深入研究的科学问题<sup>[11-14]</sup>。本文以纳雍县水东地区铅锌矿床为例,通过总结该区矿床地质特征,探讨其成矿规律,不仅为认识黔西北地区赋存于震旦系中的铅锌矿化作用提供地质依据,更重要的是总结其控矿因素,为今后地质勘探提供实际指导。

## 1 矿区地质特征

水东地区铅锌矿床大地构造位置处于特提斯-喜马拉雅与滨太平洋两大全球巨型构造域结合部位,位于扬子板块西缘,是黔西北铅锌成矿区的重要组成部分之一<sup>[4,6-7]</sup>。矿区位于张维穹状背斜翼近核部,核部岩层产状平缓,倾角一般 $3^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。区内铅锌矿床包括洗米沟和水东等铅锌矿床(图2),出露地层包括上震旦统灯影组( $Z_2dy$ )、下寒武统牛蹄塘组( $C_{1n}$ )、明心寺组( $C_{1m}$ )、下石炭统大埔组( $C_{1d}$ )、黄龙组+马平组( $C_{2h+m}$ )和中二叠统梁山组( $P_2l$ ),属于被动大陆边缘和地台内部裂隙沉积,其中铅锌矿的赋矿层位为震旦系灯影组(图2)。

震旦系灯影组( $Z_2dy$ )可分2段:第1段( $Z_2dy^1$ )主要出露在岔河一带,岩性为灰白色中-厚层细晶白云岩,晶洞不发育,厚度大于50m;第2段( $Z_2dy^2$ )为铅锌矿的赋矿层位,铅锌矿产于其中上部,其中第1层( $Z_2dy^{2-1}$ )底部为一套浅黄色薄-中厚层泥质白云岩,中上部为一套青灰色薄至中厚层细晶白云岩夹硅质条带,厚18~30m;第2层( $Z_2dy^{2-2}$ )为一套灰白色厚层块状细晶白云岩,晶洞特别发育,具有水平层纹,局部可见砂团块,顶部可见交错层理,厚约130m;第3层( $Z_2dy^{2-3}$ )岩性为一套灰白色中-厚层细晶白云岩夹砂质条带,底部的砂质条带在走向上极不连续,中上部的砂质条带较为连续,厚度0.2~1.0m,厚度约100m;第4层( $Z_2dy^{2-4}$ )为一套灰白色薄-中厚层细晶白云岩夹硅质条带,厚约20m。寒武系牛蹄塘组( $C_{1n}$ )是区内钼镍矿赋矿层位,与下伏灯影组呈整合接触,其下部为黑色炭质页岩,中部见一套厚约0.2~0.6m的黑色粗晶灰岩,灰岩之上见一套厚约0.02~0.2m



1-中二叠统梁山组; 2-下石炭统大埔组; 3-上石炭统黄龙组+马平组; 4-下寒武统明心寺组; 5-下寒武统牛蹄塘组; 6-上震旦统灯影组; 7-铅锌矿体; 8-断层; 9-地质界线

图2 纳雍水东铅锌矿床图

Fig. 2. Geological map for the Shuidong Pb-Zn deposit in Nayong County.

的钼矿层，上部为黑色炭质页岩夹绿色砂质页岩，厚约 21~60 m。

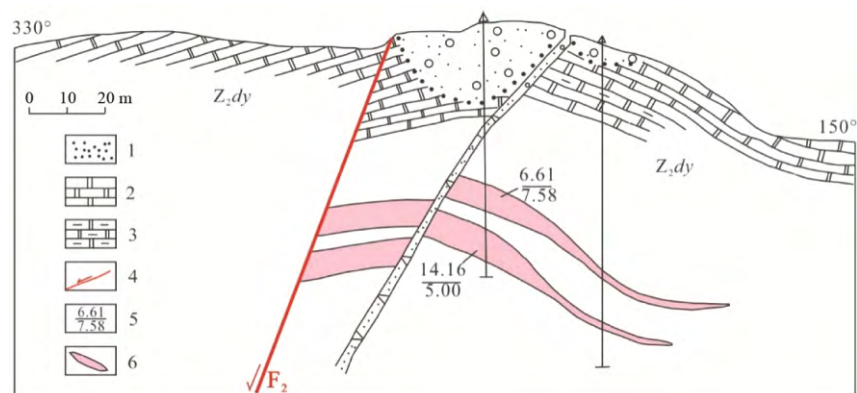
矿区地质构造发育，褶皱和断层控制了矿区铅锌矿的分布，褶皱以穹状张维背斜为主，NE 向构造为本区主干断裂构造，也是本区导矿构造，NW 向次级断层分布其中，铅锌矿在褶皱、断层的交汇部位大量产出，是铅锌矿的容矿构造<sup>[11]</sup>。其中，NE 向断层主要有水东断层 ( $F_1$ )、帕那断层 ( $F_2$ ) 和邓家寨断层 ( $F_3$ )，该组断层规模大，形成时间早且长期反复活动，铅锌矿床 (点) 分布在该组断层限定的断夹块中。此外，矿区 NW 向断层也十分发育，但断层规模小，铅锤和水平断距小，倾向 NE 为主，近于直立，为阶梯状张扭性正断层，它控制了该区断裂型矿体形态和空间分布，包括  $F_{101}$ 、 $F_{102}$ 、 $F_{104}$ 、 $F_{105}$ 、 $F_{112}$ 、 $F_{201}$ 、 $F_{202}$  和  $F_{203}$  等，以  $F_{101}$  规模较大，为张扭性正断层，NW 和 SE 端分别受  $F_1$  和  $F_2$  断层限制，走向长 1410 m，倾向  $48^\circ\sim 75^\circ$ ，倾角  $71^\circ\sim 88^\circ$ ，破碎带宽仅几米至 20 m，靠近 NE 向断层时变宽，地层的铅锤断距 10 m 左右，破碎带内主要发育棱角状、次棱角状的角砾岩和碎裂白云岩的闪锌矿充填在角砾岩之间，构成角砾状富矿石。蚀变以硅化和白云石化为主，靠近 NE 向断层时硅化变强，远离 NE 向断层，硅化变弱。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿体特征

本区铅锌矿体包括顺层产出的似层状矿体 (图 3) 和沿陡倾角断层破碎带中产出的矿体 2 种 (图 4)。

1) 似层状矿体：以洗米沟矿床为代表 (图 3)，铅锌矿体受穹状背斜上的次级褶曲或断层旁侧牵引褶曲的控制，矿体呈似层状、透镜状产出，背斜轴部受到其它构造错切时，矿体厚度变大，品位变富。洗米沟铅锌矿床中铅锌矿体赋存在灯影组顶部的白云岩中，受局部小背斜控制，产状与围岩基本一致，倾向南东，倾角一般  $8^\circ\sim 15^\circ$ ，矿体主要产于背斜轴部，当远离背斜轴部时，矿体厚度变小甚至尖灭 (图 3)。其上层矿体厚 1.50~4.25 m，最厚达 7.58 m，平均厚 2.25 m，含锌一般为 3.18%~31.54%，平均 12.37%；下层矿体厚 1.45~5.00 m，平均厚 3.23 m，含锌一般为 14.16%~19.89%，平均 15.45%。蚀变主要见硅化、白云石化、黄铁矿化，局部可见高岭土化。矿石具有半自形晶粒状、他形晶粒状、交代残余结构，浸染状、块状、条带状构造。矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿，脉石矿物主要为石英、白云石。目前，洗米沟矿床估算铅锌资源量 3.2 万吨，类似的矿点还有蜂子岩、大红岩、坟山脚、香兰树等铅锌矿点。



1-浮土; 2-白云岩; 3-泥质白云岩; 4-正断层; 5-品位 (%) / 厚度 (m); 6-铅锌矿体

图 3 纳雍县洗米沟矿床剖面图

Fig. 3. Profile for the Ximigou Pb-Zn deposit in Nayong County.

(2) 断裂充填型矿体：以水东铅锌矿床为代表 (图 4)，主要分布于北西向断层破碎带中，呈脉状、透镜状产出，北西向断层破碎带有横向分布特征，中间为角砾岩带，两侧为碎裂白云岩带；矿体主要富集在角砾岩中，碎裂白云岩中普遍见矿化，局部富集形成矿体；闪锌矿主要充填在断层角砾之间，角砾岩带变薄时，矿体变薄，断裂带的产状变化对矿体有明显地控制作用，从  $F_{401}$  的几个工程中可以

见到, 矿体变厚地段, 为倾角由陡变缓的部位。蚀变主要为硅化和白云石化, 硅化与成矿关系密切(图4)。其中, I 体严格受  $F_{112}$  断层破碎带控制, 产状与断层基本一致, 倾向  $45^\circ$ , 倾角  $70^\circ \sim 85^\circ$ , 矿体走向长 1160 m, 倾斜延深大于 140 m, 矿体呈透镜状、脉状, 矿体水平厚一般  $0.95 \sim 1.98$  m, 平均 1.31 m, 矿石一般含 Zn  $6.29\% \sim 16.85\%$ , 平均含 Zn 约  $10.04\%$ ; II a 矿体受  $F_{101}$  断层的控制, 长约 1100 m, 倾斜延伸大于 100 m, 断层破碎带水平宽  $3.92 \sim 7.20$  m, 断层倾向  $55^\circ$ , 倾角  $75^\circ$ , 断层角砾岩有 2 类: 1) 早期的压扭性角砾, 呈椭圆状、次棱角状, 大小在  $0.10 \sim 5$  mm 之间, 成分为白云岩, 被细粒白云质胶结; 2) 第 2 期为张性角砾, 角砾棱角状, 大小不一, 张性角砾常见前期压扭性角砾, 张性角砾被闪锌矿、黄铁矿、少量的方铅矿和硅质、白云质所胶结。该类型铅锌矿体受断层破碎带控制, 走向控制长大于 545 m, 倾斜延伸大于 180 m, 水平厚  $0.92 \sim 7.20$  m, 平均厚 1.18 m, 平均含 Zn  $11.06\%$ ; III 矿体受  $F_{103}$  断层的控制, 与 II a 矿体特征相似, 长约 700 余米, 倾斜延伸大于 100 m, 矿体走向控制长大于 850 m, 倾斜延伸大于 150 m, 水平厚  $0.96 \sim 2.75$  m, 平均厚 1.82 m, 矿石含 Zn 在  $5.24\% \sim 24.31\%$  之间, 平均  $13.67\%$ 。目前, 水东锌矿床总计估算 333+334 锌资源量 13.35 万吨, 其中 333 为 2.05 万吨, 矿床平均厚度 1.62 m, 矿床平均品位  $10.46\%$ 。

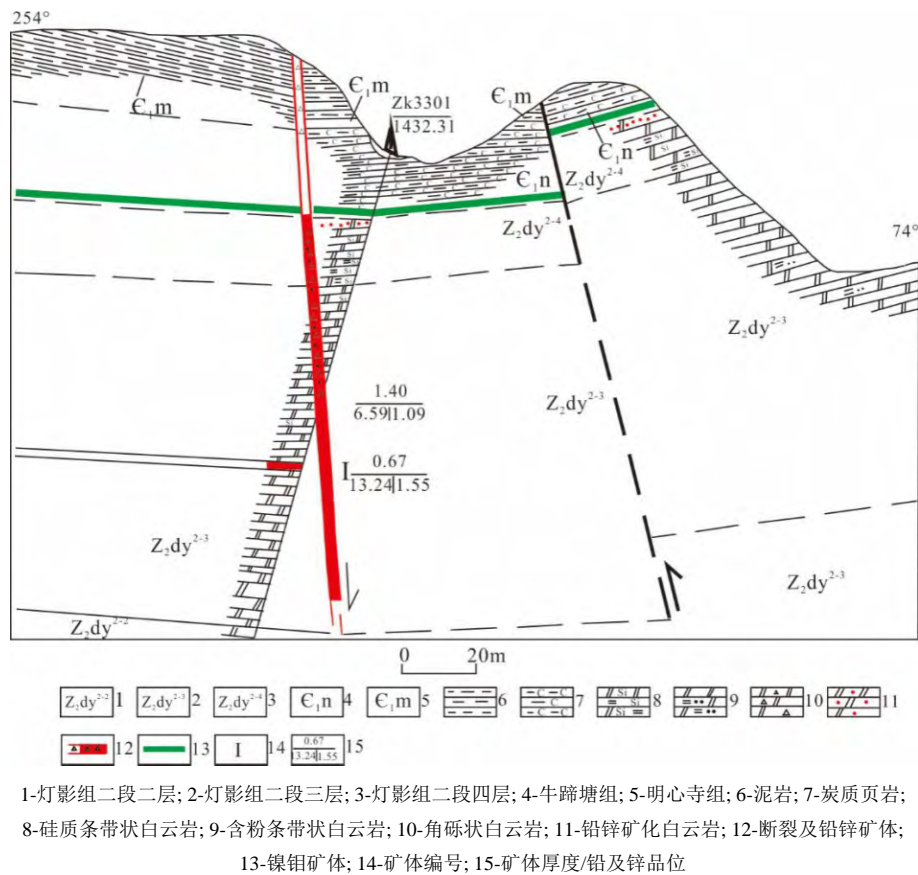


图4 纳雍县水东铅锌矿床 33 号勘探线剖面(据文献[7]修改)

Fig. 4. Profile for the No. 33 exploration line of the Shuidong Pb-Zn deposit, Nayong County.

## 2.2 矿物组成及结构构造

本区矿床的结构特征概述如下,

1) 矿石矿物: 以闪锌矿为主, 约占全部金属矿物的 65%, 其次为方铅矿和黄铁矿, 约占全部金属矿物的 20% 和 10%, 此外, 还发育有少量的辉铜矿、黄铜矿和黝铜矿, 含量不到 1%。金属矿物组合以闪锌矿-方铅矿-黄铁矿组合最为普遍, 其次为闪锌矿-辉铜矿-黄铁矿, 闪锌矿-黄铁矿-黄铜矿, 闪锌矿-黄铁矿, 闪锌矿-辉铜矿和黄铁矿-黝铜矿组合。

2) 脉石矿物: 主要为白云石和石英, 分别占全部脉石矿物的 70% 和 25%, 其次为方解石, 含量低

于 5%。偶见沥青呈液滴状产于石英的晶洞中, 石英常常与闪锌矿共生, 或呈脉状充填于白云岩中。

3) 矿石结构: 包括自形晶结构、半自形-他形晶结构、交代残余结构和包含结构等。根据镜下观察, 黄铁矿自形晶粒状结构明显, 部分方铅矿和闪锌矿也具有自形粒状结构。此外, 一些淡黄色黄铁矿呈自形晶分布于石英晶体之中; 半自形-他形晶结构在方铅矿、闪锌矿和黄铁矿中常见, 如方铅矿在石英中通常呈半自形晶结构, 闪锌矿呈半自形-他形晶结构分布于石英中; 黄铁矿保留有原来的方铅矿的晶体形态, 如三角孔特征等, 呈现特殊的交代残余结构; 方铅矿包含黄铁矿形成包含结构。

4) 矿石构造包括角砾状构造: 深色闪锌矿胶结大小不一的硅化、锌矿化白云岩角砾, 表明铅锌矿形成于 2 个期次; 脉状构造: 脉石矿物石英充填于白云石的裂隙中, 形成脉状构造, 其脉壁界线清晰; 块状构造: 棕褐色闪锌矿含量高, 在矿石中均匀分布, 与脉石矿物石英共生; 团块状构造: 闪锌矿呈大小不一的团块状分布于白云石和石英中; 晶洞构造: 后期石英在先期结晶的石英裂隙处结晶, 填充不完全, 形成晶洞构造; 斑点状构造: 金属矿物闪锌矿星散地分布在围岩白云石中, 形成斑点状构造; 条带状构造: 闪锌矿和石英交互沉淀形成条带状构造; 珍珠状(液滴状)构造: 沥青沿结晶粗大的石英颗粒间呈液滴状分布。

### 2.3 矿物生成顺序和围岩蚀变

根据野外及镜下鉴定结果, 该类矿床矿物生成顺序为: 石英→闪锌矿→黄铜矿→黄铁矿→方铅矿→黝铜矿。白云岩, 特别是板灰白色薄-中厚层细晶白云岩是铅锌矿体的赋矿围岩, 蚀变类型以白云石化、方解石化和硅化为主, 次为黄铁矿化、高岭土化等, 且硅化程度与矿化强度之间呈正相关关系。

## 3 矿床成因及控矿因素探讨

### 3.1 矿床成因

从地质勘探和已有的采矿所揭露的现象来看, 该区铅锌矿化具有以下地质特征: 1) 矿体呈层状、似层状、脉状、透镜状产出, 铅锌矿化以充填和交代方式为主, 具有明显的改造成矿特征; 2) 构造是最重要的控矿因素, NE 和 NW 向的断层控制了铅锌矿体的分布, 矿体主要产于断裂破碎带或次断层的交汇处(如水东), 背斜的核部及层间破碎带(如洗米沟)也是铅锌矿的主要产出部位; 3) 沥青的出现, 暗示铅锌矿化可能与古油气藏的油田卤水有关; 4) 尽管矿床中分布少量铜矿物, 如黄铜矿和黝铜矿等, 整体上, 其矿物组成简单, 以闪锌矿、方铅矿和黄铁矿为主。此外, 尽管该区地球化学研究薄弱, 但有限的的数据表明, 水东矿床包裹体均一温度主要集中在 120~180 °C 和 200~240 °C 期间, 盐度变化较大(0.18%~16.43%)<sup>[12]</sup>, 表明其成矿流体属于低-中温和中-低盐度流体<sup>[13-14]</sup>, 这与低温高盐度的 MVT 矿床略有不同<sup>[15-17]</sup>, 但与川滇黔接壤区其它赋存于不同时代地层中铅锌矿床的成矿流体具有相似的特征<sup>[18-26]</sup>。此外, 水东铅锌矿床闪锌矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值在 18‰<sup>[7]</sup>附近, 与川滇黔地区震旦系中铅锌矿床的  $\delta^{34}\text{S}$  值(15‰~25‰)相近<sup>[23,25]</sup>, 均与震旦-寒武纪海水硫酸盐的  $\delta^{34}\text{S}$  值(20‰~35‰)相似<sup>[15-17]</sup>, 表明这些铅锌矿床中的 S 可能主要来源于赋矿地层中的蒸发膏岩层。可见, 本区矿床上述地质、地球化学特征均与川滇黔地区铅锌矿床十分相似<sup>[2,18-26]</sup>, 表明它们应属于同一成因类型。

### 3.2 控矿因素

综合以往研究, 特别是近年来我对贵州省铅锌矿成矿规律与找矿方向研究的总结资料<sup>[7]</sup>, 认为该区赋存于震旦系地层中的铅锌矿床受几个关键因素控制, 如震旦纪灯影期地质构造环境、沉积环境、高水位体系域、古断裂、古生物和后期构造。本文以震旦纪灯影期地质构造环境和后期构造阐释这些控制因素。

1) 震旦纪灯影期地质构造环境 震旦纪时, 贵州大部处扬子陆块的东南缘, 震旦世和早寒武世早期沉积, 依次为含少量浊积层的重力流沉积到硅泥质沉积, 再到黑色页岩沉积, 反映了裂谷作用拉张环境非补偿沉积特征<sup>[4,7]</sup>(图 5)。黑色岩系是威尔逊旋回中幼年洋阶段离散边缘的沉积特征。在贵州省发育的晚震旦世硅质岩相和磷块岩相, 早寒武世初期黑色页岩反映了盆地的拉张已达到一定的程度。

在江西、广东有细碧岩、变玄武岩和基性-超基性发育, 是裂谷存在的佐证。从灯影期到早寒武世的梅树村期, 形成的铅锌矿和钼镍多金属层, 是在裂陷作用环境下成矿作用的产物。贵州省震旦系地层分布在贵州分为扬子及其与华夏的过渡 2 个地层区。灯影期的扬子区地层, 沉积一套隐藻屑型白云石组合(藻屑主要包括藻砂屑、藻砂、砾屑白云岩和藻砾屑白云岩, 厚 400 m 左右)为半局限台地相沉积, 还形成一套层纹-非层纹型白云岩组合(包括藻凝块石白云岩, 藻鲕粒白云岩, 层状白云岩及少量叠层石白云岩等。

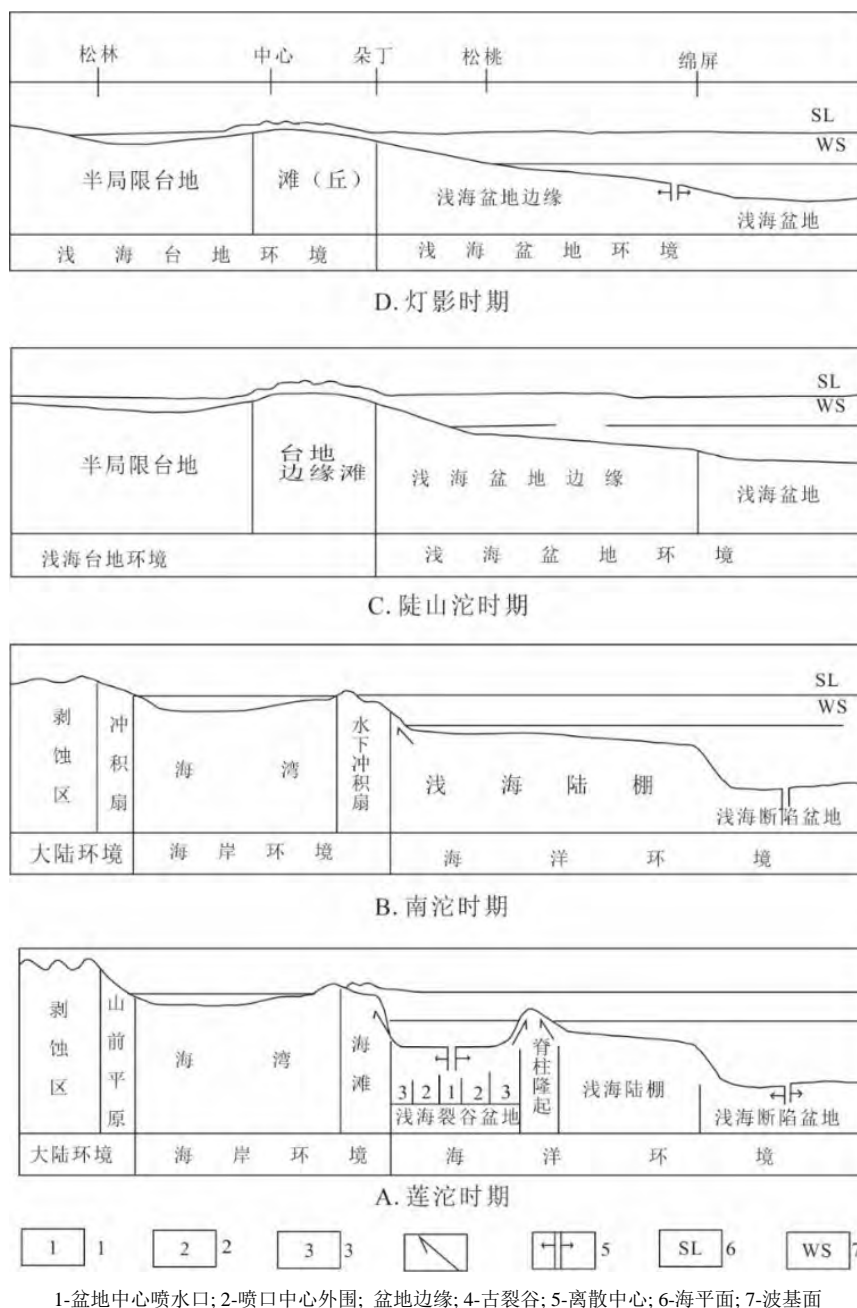


图5 贵州震旦纪沉积环境演化模式图(转引文献[7]修改)  
 Fig. 5. The model for the evolution of sedimentary environment in Sinian Period in Guizhou Province, China.

**2) 后期构造** 灯影期铅锌初始富集层形成后, 经历了加里东、海西、印支、燕山等构造运动, 这些运动所带来的能量和成矿物质组分, 必然对前期得初始铅锌富集层进行改造, 原来形成的矿体变厚变富, 未达到工业要求的矿化层进一步富集, 形成工业矿体<sup>[4,7]</sup>。应该指出, 这种在矿后的改造, 是就

地就近的改造,这种改造与传统文献中的“沉积改造”有区别,传统的沉积改造,矿源层与容矿层位空间上差异较大,这难以解释为什么包括贵州省铅锌矿在内的川滇黔地区铅锌矿产出层位多,同一层位上下岩性差异不大,但铅锌矿只产在特定的层位中,并非整个层位都有矿化和矿体产出,如杜家桥铅锌矿床只赋存于  $Z_2dy^{2-2}$ 、 $Z_2dy^{2-3}$  中,而岩性相似的  $Z_2dy^{2-4}$  和  $Z_2dy^{2-1}$  中则没有矿体或矿化产出。后期构造的控矿表现在局部隆起如穹隆和背斜构造轴部、层间滑脱、层间破碎带,穿过早期初始富集层的层间断裂、切层断裂、初始富集层附近的裂隙发育带、初始富集层上、下障积层附近等,这些特征在水东铅锌矿床中非常明显。

## 4 结 论

本区震旦系中铅锌矿床整体上,矿物组成简单,以闪锌矿、方铅矿和黄铁矿为主,NE 和 NW 向断层构造是最重要的控矿因素,它们与川滇黔接壤区其它部分赋存于不同时代地层中(特别是震旦系)的铅锌矿床具有相似的地质、地球化学特征,应属于同一成因类型。

**致 谢:** 成文过程得到中国科学院地球化学研究所叶霖研究员和云南大学周家喜研究员的指导,表示衷心的感谢!

## 参 考 文 献:

- [1] 刘家铎,张成江. 扬子地台西南缘成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社,2004,163.
- [2] 周家喜,黄智龙,周国富,等. 黔西北赫章天桥铅锌矿床成矿物质来源: S、Pb 同位素和 REE 制约[J]. 地质论评,2010,56(4): 513-524.
- [3] 王华云. 贵州铅锌矿的地球化学特征[J]. 贵州地质,1993,10(4): 272-290.
- [4] 陈国勇,邹建波,谭华,等. 黔西北地区铅锌矿成矿规律探讨[J]. 贵州地质,2008,25(2): 86-94.
- [5] Zhou JX, Xiang ZZ, Zhou MF, et al. The giant Upper Yangtze Pb-Zn province in SW China: Reviews, new advances and a new genetic model [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2018, 154: 280-315.
- [6] Zhou JX, Wang XC, Wilde SA. New insights into the metallogeny of MVT Zn-Pb 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.
- [7] 陈国勇,王砚耕,冯济舟,等. 贵州省铅锌成矿规律及找矿方向[R]. 都匀:贵州省地矿局一〇四地质大队,2012.
- [8] 周家喜,黄智龙,周国富,等. 黔西北天桥铅锌矿床热液方解石 C、O 同位素和 REE 地球化学[J]. 大地构造与成矿学,2012,36(1): 93-101.
- [9] 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.
- [10] 刘波. 织金杜家桥铅锌矿成矿规律浅析[J]. 西部资源,2018,(4): 30-31.
- [11] 吴波,许利群. 贵州纳雍水东铅锌矿床地质特征及矿石成分结构研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版),2010,27(3): 43-49.
- [12] 吴波,陈国勇. 贵州纳雍水东铅锌矿床石英英包裹体特征及流体成矿温度研究[J]. 贵州地质,2010,27(2): 100-105.
- [13] 吴波,陈国勇,陶平,等. 贵州纳雍水东铅锌矿床地球化学特征[J]. 贵州地质,2011,28(2):108-113.
- [14] 吴波. 贵州纳雍水东铅锌矿床成因的探讨[J]. 毕节学院学报,2012,30(4): 118-124.
- [15] Leach DL, Sangster DF. *Mississippi Valley-type lead-zinc deposits, in: Mineral Deposit Modeling (eds. R.V. Kirkham, W.D. Sinclair, R.I. Thorpe, and J.M. Duke)* [M]. *Geological Association of Canada, Spec. Papers*, 1993, 40: 289-314
- [16] Leach DL, Bradley DC, Lewchuk M. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research [J]. *Mineralium Deposita*, 2001, 36: 711-740
- [17] Leach DL, Sangster DF, Kelley KD. Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective [J]. *Econ Geol 100th Anniv*, 2005, 561-607
- [18] Ye L, Cook NJ, Ciobanu CL, et al. Trace and minor elements in sphalerite from base metal deposits in South China: a LA-ICPMS study [J]. *Ore Geology Reviews*, 2011, 39: 188-217
- [19] 叶霖,李珍立,胡宇思,等. 四川天宝山铅锌矿床硫化物微量元素组成: LA-ICPMS 研究[J]. 岩石学报,2016,32(11): 3377-3393.
- [20] 李珍立,叶霖,黄智龙,等. 贵州天桥铅锌矿床闪锌矿微量元素组成初探[J]. 矿物学报,2016,36(2): 183-188
- [21] 李珍立,叶霖,黄智龙,等. 云南富乐铅锌矿床中铜矿物的矿物学特征及地质意义[J]. 高校地质学报,2018,24(2): 200-209.
- [22] 周家喜,黄智龙,周国富,等. 贵州天桥铅锌矿床分散元素赋存状态及规律[J]. 矿物学报,2009,29(4): 471-480.
- [23] 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.
- [24] 崔银亮,周家喜,黄智龙,等. 云南富乐铅锌矿床地质、地球化学及成因[J]. 岩石学报,2018,34(1): 194-206.
- [25] 周家喜,黄智龙,高建国,等. 滇东北茂租大型铅锌矿床成矿物质来源及成矿机制[J]. 矿物岩石,2012,32(3): 62-69.
- [26] Zhou JX, Luo K, Wang XC. Ore genesis of the Fule Pb-Zn deposit and its relationship with the Emeishan Large Igneous Province: Evidence from mineralogy, bulk C-O-S and in situ S-Pb isotopes [J]. *Gondwana Research*, 2018, 54: 161-179.