

贵州五指山背斜纳雍枝铅锌矿地质特征及找矿前景分析

吴先彪,朱允清,廖树衡,锁瑞强

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局一总队,贵州 清镇 551400)

摘 要 纳雍枝铅锌矿床位于五指山背斜北东部,是五指山矿集区的组成部分。区内铅锌矿体产于清虚洞组的白云岩中,自下而上共划分为 9 个矿体层,属沉积型铅锌矿床。矿石类型为碳酸盐岩型铅锌矿石。五指山地区位于紫云-垭都深大断裂的北东侧,南东侧有安顺-凯里深断裂,这些深断裂是纳雍枝矿床深部物质来源的前提,次一级的构造为矿床的形成提供了矿质流动的通道。五指山背斜 Pb、Zn 综合异常明显的部位,异常与区内构造较吻合,与矿床(点)展布方向一致。该矿床与典型密西西比河谷铅锌矿床具有较高的可比性。通过对纳雍枝铅锌矿床地质特征的总结及分析,认为五指山地区的找矿前景十分广阔。

关键词 纳雍枝铅锌矿 地质特征 找矿前景 五指山 贵州省

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING ANALYSIS OF THE NAYONGZHI LEAD-ZINC DEPOSIT IN WUZHISHAN ANTICLINE, NORTHWESTERN GUIZHOU

WU Xian-biao, ZHU You-qing, LIAO Shu-heng, SUO Rui-qiang

(No. 1 Team, Guizhou Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metal and Nuclear Industry, Qingzhen 551400, Guizhou Province, China)

Abstract :The Nayongzhi Pb-Zn deposit, situated in the northeast of Wuzhishan anticline, is a component of the Wuzhishan ore-concentrating zone. The orebodies occur in the dolostone of Cambrian Qingxudong formation, consisting of nine ore layers. The ores belong to carbonate rock type. The Ziyun-Yadu deep fault in the southwest and Anshun-Kaili deep fault in the southeast of the region are the prerequisites for the material source of the deposit. The secondary structures provide flow channels for ore fluid. The comprehensive Pb-Zn anomalies coincide to the regional structures, as well as the distribution of ore deposits (occurrences). The Nayongzhi Pb-Zn deposit is much comparable to the Mississippi Valley Pb-Zn deposit. The geological characteristics of Nayongzhi Pb-Zn deposit show a great prospect of exploration in Wuzhishan region.

Key words: Nayongzhi Pb-Zn deposit; geological characteristics; metallogenic prospect; Wuzhishan; Guizhou Province

1 成矿地质背景

纳雍枝铅锌矿位于扬子准地台西南缘黔北台隆遵义断拱贵阳复杂构造变形区西段,分布在五指山背斜矿集区。五指山矿集区为黔西北铅锌矿带的一个组成部分。区内地层从震旦系到三叠系均有出露。震旦系主要出露灯影组,为浅灰色厚层粗晶白云岩,地层出露不全;寒武系下部以页岩、泥质粉砂岩、砂岩、粉砂质泥岩为主,中上部以白云岩、细晶白云岩为主;石

炭系以白云岩为主,其次有泥质粉砂岩、砂质泥岩、灰岩;二叠系主要为泥质粉砂岩、砂岩和白云质灰岩;三叠系主要出露大冶组,以红色细碎屑岩、灰岩、泥灰岩、白云岩、黏土岩为主。

在紫云-垭都深大断裂、纳雍-息烽深大断裂、安顺-镇远深大断裂所围限的断块中,分布有五指山、纳雍水东、大锌厂等矿床,其中紫云-垭都深大断裂与纳雍-息烽深大断裂及其间的黔中隆起与区内矿产关系

收稿日期 2012-06-11,修回日期 2012-08-17。编辑 李兰英。

作者简介 吴先彪(1968—),男(苗族),地质工程师,长期从事地质技术管理工作,通信地址 贵州省清镇市红枫路 237 号 有色地勘一总队总工办, E-mail//418480816@qq.com

密切,区内主要构造形迹方向为北东向。纳雍枝矿床位于五指山背斜的北东部,矿体受背斜和次一级断裂控制。五指山背斜呈北东向展布,延长约 13 km,为一不对称倒转背斜,核部地层为震旦系和寒武系,两翼分别出露石炭、二叠、三叠系地层。五指山背斜在燕山运动期间形成,是侏罗纪山式褶皱构造中的一个抬升菱形断块,此断块四周被北东向、南北向和北西向的断层圈闭^[1]。在五指山矿集区内,分布有多个矿床,主要有杜家桥铅锌矿床、新麦铅锌矿床、那润铅矿床(图 1)。

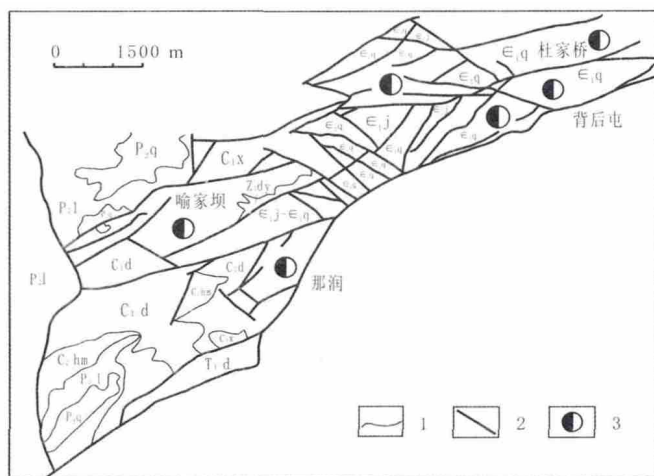


图 1 五指山地区地质及主要矿床分布略图

Fig. 1 The geologic sketch map and distribution of significant deposits in Wuzhishan area

1—地层界线(boundary of strata) 2—断层(fault);
3—铅锌矿体(Pb-Zn orebody)

2 矿区地质特征

2.1 地层

区内出露地层为震旦系、寒武系、石炭系、二叠系、三叠系。含矿地层为寒武系清虚洞组。矿区内地层由老至新分述如下。

灯影组(Z_2dy):浅灰色厚层粗晶白云岩,地层出露不全,出露于区内北东部杜家桥,产出断裂型铅锌矿。

金顶山组(ϵ_j):主要由灰—灰绿色页岩、泥质粉砂岩、砂岩、粉砂质黏土岩与灰绿色薄层粉砂质黏土岩、黏土岩组成韵律性沉积。发育水平层理,由下向上,砂泥质、钙质增多。主要出露于区内北东五指山和南西部,沉积厚 69~252 m。

清虚洞组第一段(ϵ_{1q^1}):上部为暗灰色中厚层瘤状白云岩;中部为灰色中—厚层颗粒白云岩、晶洞白云岩;下部为厚层含泥质白云岩。为区内的主要含矿层。主要出露于白水大山一带,厚 90~130 m。

清虚洞组第二段 a 层($\epsilon_{1q^{2a}}$):为一套灰、暗灰色中

厚层细晶白云岩,间夹瘤状白云岩,底部为一套厚约 3 m 的薄层砂泥质白云岩。为区内的主要含矿层之一。主要出露于白水大山一带,厚 60~80 m。

清虚洞组第二段 b 层($\epsilon_{1q^{2b}}$):为一套暗灰色中厚层纹状细晶白云岩、厚层瘤状白云岩,底部为一套厚约 4 m 的薄层砂泥质条带细晶白云岩。主要出露于白水大山一带,厚 70~90 m。

清虚洞组第三段(ϵ_{1q^3}):为一套灰、浅灰色中厚层细晶白云岩,下部为灰色中厚层细晶白云岩夹薄层砂泥质细晶白云岩。底部为一套厚约 6 m 的薄层砂泥质细晶白云岩,厚 140~180 m。

石炭系祥摆组(C_1x):为灰、灰褐色薄层泥质粉砂岩、砂质泥岩夹劣质煤线。超覆于下伏地层之上,北东薄,南西厚,厚 5~30 m。

石炭系大浦组(C_1d):为一套灰、浅白色厚层粗晶白云岩。底部为一套厚约 6 m 的薄层泥质粉砂岩。在区内呈北东向展布,与下伏地层整合接触,厚 35~87 m。

石炭系黄龙+马平组(C_2h+m):主要为灰白色厚层生物灰岩、灰质白云岩。与下伏地层整合接触,厚 0~50 m。

二叠系梁山组(P_2l):为灰褐色薄层泥质粉砂岩、砂岩夹劣质煤线,与下伏地层不整合接触,主要出露于区内北西侧,厚 0~37 m。

二叠系栖霞组(P_2q):灰、浅灰色厚层粗晶白云质灰岩,厚 0~37 m。

三叠系大冶组(T_1d):一段发育浅海陆棚相红色细碎屑岩;二、三段为台缘浅滩相的灰岩、泥灰岩、白云岩、黏土岩。在 F_1 断层南侧大面积出露,与下伏地层整合接触,厚 35~87 m。

第四系(Q):河床冲积物及山间残坡积物,厚 0~18 m。

2.2 构造

(1) 褶皱

矿区总体上为一单斜构造,大地构造位置处在一个构造运动频繁活动的地区,矿区内地层产状变化较大,岩层倾角 10~40°。

(2) 断层

矿区内主要发育北东向、北西向断层,对矿体的分布起控制作用。主要发育有 F_1 、 F_7 、 F_{13} 、 F_{32} 、 F_{53} 断层,各断层特征如下。

F_1 断层:倾向南东,倾角 57~60°,在区域上称为那润断层,为边界正断层。见白云岩角砾,角砾大小不一,呈次棱角状分布,一般为 1~5 mm,白云石细脉发育。在

燕子岩一带见阶步和擦痕,具有多期活动现象.对区内铅锌矿起着导矿构造的作用.

F_7 断层:倾向北,倾角 $51^{\circ}\sim 75^{\circ}$,为一逆断层.其南部下盘地层倾角一般为 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$,北部上盘地层倾角缓,近于水平.白云石脉发育,是区内主要控矿断层之一.北东起于屯背后,往南东在大磨顶与多条断层相汇,大体沿五指山背斜轴部通过.其中,那雍枝矿床的、 、 、 矿体主要产于其下盘清虚洞组地层中.

F_{13} 断层:倾向北东,倾角 $55^{\circ}\sim 75^{\circ}$,为正断层,断距可至 20 m.破碎带 1~5 m,往北变薄,角砾呈次圆和次棱角状,角砾小,一般 5~20 mm,岩性为白云岩,见红色铁质浸染.北起金坡矿区北西角,南交于 F_7 ,与区内铅锌矿的产出无密切关系.

F_{52} 断层:走向北西,倾向北东,倾角较陡,一般 $65^{\circ}\sim 80^{\circ}$,为正断层,止于 F_7 断层,长约 430 m.

F_{53} 断层:走向东西,倾向北,倾角较陡,一般 $55^{\circ}\sim 75^{\circ}$,为逆断层,交于 F_7 断层,长约 650 m.

3 矿床地质特征

3.1 含矿层特征

含矿层为寒武系下统清虚洞组,具有两个含矿层,即第一段和第二段 a 层(ϵ_{1q^1} 、 $\epsilon_{1q^{2a}}$).下含矿层为清虚

洞组第一段,底部有一层厚 5~10 m 鲕豆状白云岩,以此作为与金顶山组的分界标志.鲕豆状白云岩之上为暗灰色厚层状含泥质白云岩,厚 30~50 m,向上过渡为灰色厚层瘤状白云岩,厚 20~30 m,再往上为晶洞粗晶白云岩,厚度小于 10 m,继续往上主要为灰色厚层中粗晶白云岩,脆性,黄铁矿发育,白云石化强烈.矿层主要产于瘤状白云岩中,矿层顶板岩性为深灰色中至厚层含不规则泥质条带细晶白云岩,厚 20~40 m.本段是区内的主要含矿层,主要出露于白水大山一带,厚 90~130 m.上含矿层为清虚洞组第二段 a 层,底部见一层厚 3~5 m 深灰色薄层砂泥质细晶白云岩,在地表附近风化为褐黄色泥质粉砂岩,是与下伏地层的分层标志.往上为灰色中厚层中、细晶和粉晶白云岩间夹泥质条带细晶白云岩,矿层产于距底界砂泥质白云岩 10~30 m 范围内的含不规则泥质条带细晶白云岩中,厚 60~80 m.矿体呈似层状、透镜状、囊状产出,顺层分布,矿体产状与地层产状基本一致,层控特征明显(图 2).上部矿体的厚度比下部矿体略厚,但品位没有下部矿层高,且下部矿层中的矿体规模比上部矿层规模大.

3.2 矿体特征

在矿区范围内地质工作程度较高,根据矿体空间展布特征,共划分为 9 个矿层,21 个矿体,其中,以

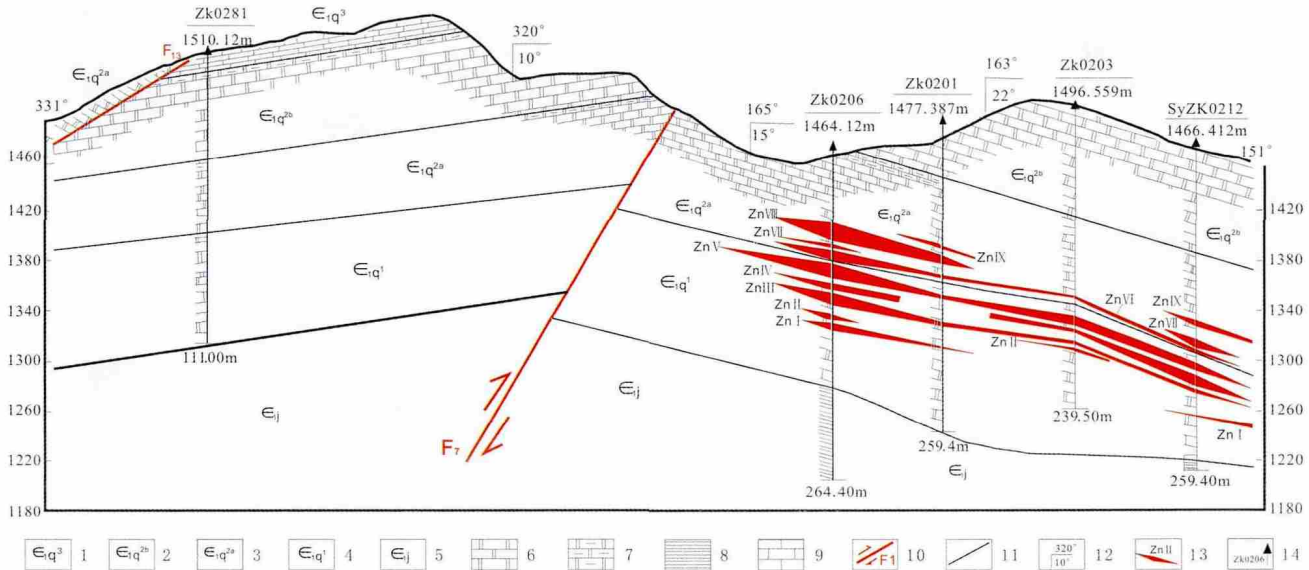


图 2 纳雍枝矿区内金坡矿段勘探线剖面图

Fig. 2 The exploration profile of Jinpo ore block in Nayongzhi orefield

1—寒武系下统清虚洞组第三段(3rd mem. of Qingxudong fm., Lower Cambrian) 2—清虚洞组第二段第二层(2nd layer of 2nd mem. of Qingxudong fm.) ; 3—清虚洞组第二段第一层(1st layer of 2nd mem. of Qingxudong fm.) 4—清虚洞组第一段(1st mem. of Qingxudong fm.) 5—寒武系下统金山顶组(Jinshanding fm., Lower Cambrian) 6—白云岩(dolostone) 7—泥质白云岩(argillaceous dolostone) 8—页岩(shale) 9—灰岩(limestone) ;10—逆断层及编号(reverse fault and code) ;11—地质界线(geologic boundary) ;12—地层产状(stratum attitude) ;13—矿体及编号(orebody and code) ;14—钻孔及编号(drill hole and code)

-1 矿体规模最大,除主要矿体及较大矿体外,有一些孤立的、零星分布的矿体^②。代表性矿体特征见表 1。

3.3 矿石特征

矿石类型单一,为碳酸盐岩型铅锌矿石。矿石具自形粒状、他形粒状、交代残余结构,脉状、浸染状、块状构造(图 3)。根据闪锌矿与脉石矿物的交生关系,大致

可将矿石中闪锌矿分为呈稠密浸染状、中等稠密浸染状、稀疏浸染状 3 种产出形式。其中以稠密浸染状、中等稠密浸染状为主,二者矿物含量之和约占闪锌矿总量的 70%以上。矿物组合简单,矿石矿物主要为闪锌矿,其次为菱锌矿、方铅矿和少量黄铁矿。脉石矿物主要为白云石、方解石和石英,次为长石和石墨。矿床围

表 1 纳雍枝铅锌矿床代表性矿体特征表
Table 1 The orebody features of Nayongzhi lead-zinc deposit

矿体编号	含矿层	矿体形态	产状	长度/m	宽度/m	厚度/m		Zn 品位/%	
					极值	极值	均值	极值	均值
V-1	Є ₁ q ¹	似层状	149~171°∠11~17°	1266	122~375	1.00~21.30	5.997	1.34~15.65	4.71
-1	Є ₁ q ¹	似层状	149~171°∠11~17°	537	130~340	1.00~9.70	2.93	1.11~11.84	3.65
-1	Є ₁ q ^{2a}	似层状	149~171°∠11~17°	610	150~360	1.00~9.70	2.93	1.11~11.84	3.65
-2	Є ₁ q ^{2a}	似层状	149~171°∠11~17°	350	50~343	1.10~14.00	2.93	1.25~5.71	3.01
Zn-2	Є ₁ q ¹	似层状	150°∠15°	1000	250~600	1.1~26.9	6.76	1.47~13.43	3.67
Zn-3	Є ₁ q ^{2a}	似层状	150°∠14°	720	70~300	1.5~16.6	2.74	1.55~5.55	1.96

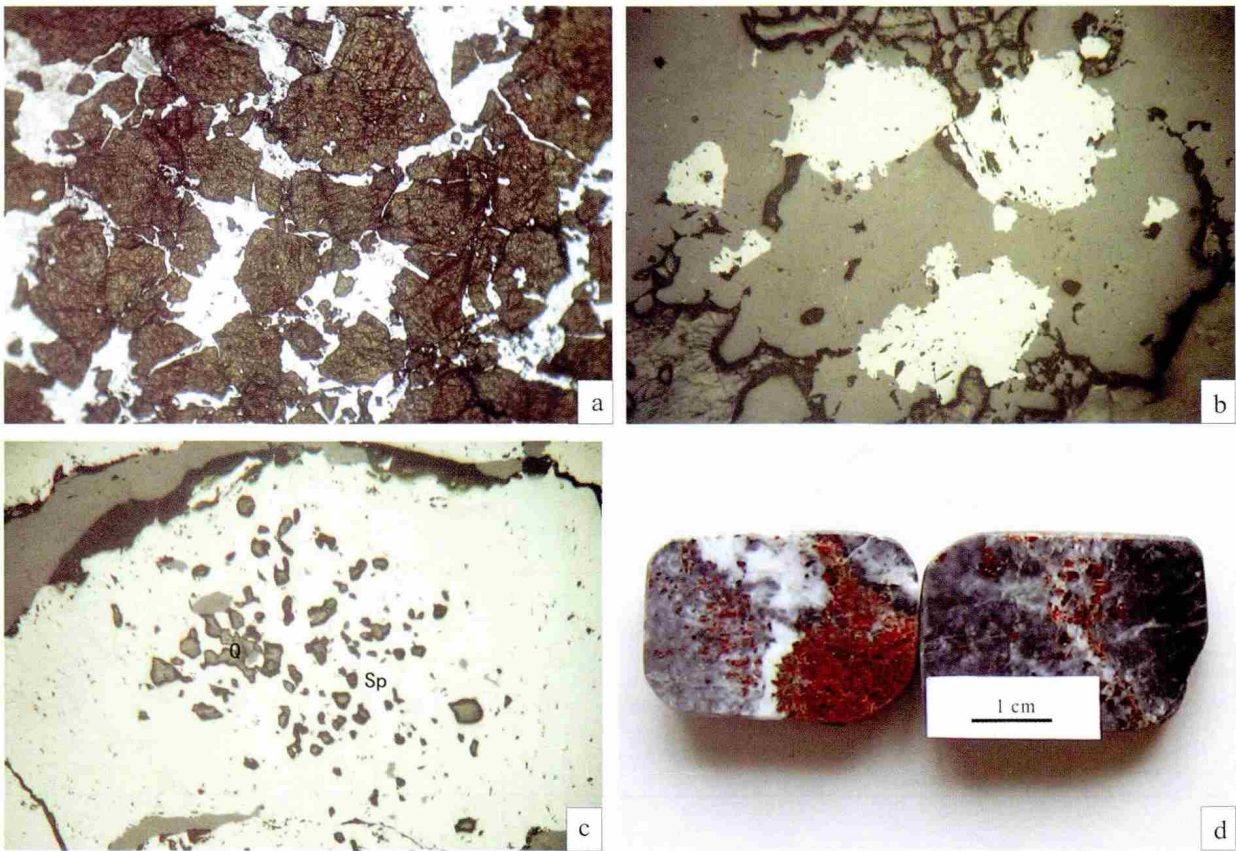


图 3 矿石岩相学特征

Fig. 3 The petrographic features of ore from Nayongzhi orefield

a—自形、他形粒状的闪锌矿颗粒(黄绿色)(sphalerite, euhedral to anhedral granular structure) b—他形粒状的闪锌矿颗粒(灰白色)(sphalerite, anhedral granular structure) c—闪锌矿交代石英后,残余石英的颗粒被闪锌矿包裹(sphalerite, replacing quartz) d—闪锌矿(红褐色)呈稠密浸染状和稀疏浸染状嵌布在脉石中(sphalerite, disseminating in gangue)

①吴先彪,等.贵州省普定县向荣矿业有限公司芦茅林铅锌矿资源储量核实及补充勘探地质报告. 2012.
②吴先彪,等.贵州省普定县德荣矿业有限公司金坡铅锌矿资源储量核实及补充勘探地质报告. 2012.

岩蚀变较弱,见碳酸盐化。

闪锌矿:呈半自形、他形颗粒或交代脉石矿物,在较大的闪锌矿颗粒中见残留的方解石,与少量的黄铁矿、铅锌矿共生。以浸染状构造为主,见交代溶蚀结构、碎裂结构,是矿床中最重要的矿物。

菱锌矿:零星分布,呈不规则的颗粒状,零散的分布于脉石矿物中,未见与闪锌矿直接嵌连的现象。粒度一般 0.06~0.25 mm。

黄铁矿:虽然含量低,但分布广泛。常呈自形等轴粒状,以星散浸染状的形式嵌布在以石英为主的脉石中,而在与其邻近的方解石中却极少见。粒度十分细小,粗者仅 0.04 mm 左右,一般小于 0.02 mm。此外沿少数闪锌矿边缘亦见这种微粒黄铁矿分布,或呈包裹体嵌布在闪锌矿中。

4 找矿前景分析

4.1 控矿地质因素

4.1.1 岩相古地理条件

纳雍枝铅锌矿属沉积型铅锌矿,层控特征明显,围岩蚀变较弱,后期改造作用不明显。区内出露地层主要从震旦系至三叠系,沉积环境主要在古陆边缘或隆起边缘的张裂带,含矿岩层的沉积主要发生在张裂带中海水不流畅、闭塞滞留、含盐度高、相对缺氧、富含硫酸盐的半局限—局限碳酸盐台地相^[2]。由于距古陆近,来自古陆风化产物充足,且在张裂环境中深大断裂发育,深部的物源易于沿着这些断裂上升至沉积盆地,这样,形成矿床的可能性就比其他环境高。在水成裂隙槽内的台地环境中,东北侧从南东至北西分别分布有五指山、水东、郎家冲等矿床,西南侧从南东至北西分别分布有罐子窑、山王庙、小黑山等矿床。这些矿床分布的地带都是张裂环境且在深大断裂的两侧,在这些地段往往是半局限—局限碳酸盐台地相环境。而五指山地区所具有的碳酸盐台地相这一特定的岩相古地理条件和大地构造环境对本地区铅锌矿床的形成和分布具有重要的控制作用,这就为纳雍枝铅锌矿床的形成提供了必要的岩相古地理环境。

4.1.2 层位和岩性控制

该矿层主要赋存于寒武系下统清虚洞组。该组整合于金顶山组之上,与上覆祥摆组地层为平行不整合接触。地层由暗灰色中厚层瘤状白云岩、灰色中—厚层颗粒白云岩、晶洞白云岩、厚层含泥质白云岩、灰—暗灰色中厚层细晶白云岩、纹状细晶白云岩、薄层砂泥质

白云岩、薄层砂泥质条带状细晶白云岩、薄层砂泥质细晶白云岩组成。这些岩石的孔隙率高、通透性好,有利于矿质组分在其中储存,含矿层位稳定。另外,富矿层位岩石颜色较暗、性脆、易溶、晶洞发育、具铅锌矿化,既是矿源层,又是良好的储矿层。

4.1.3 构造对矿体的控制

区域性构造控制了矿体的大地构造位置,也是深部物质运移的通道,如此区的紫云—垭都深大断裂。次一级构造和褶皱是容矿空间,不同构造类型、不同级别构造的复合叠加部位是成矿的有利部位,如纳雍—息峰断裂与紫云—垭都断裂的交汇部位,分布有纳雍水东铅锌矿等。五指山背斜和北东向、北西向断层是控制矿体产出的区域构造,矿体主要集中于五指山背斜的核部和翼部。纳雍枝矿床位于五指山背斜的北东端南西翼,矿体主要分布在层间滑脱带、虚脱空间、断层由陡变缓处^①。区内次一级构造对矿床的产出有控制作用,是矿质流动的通道,而且控制矿层的分布。在矿区范围内大多数矿体分布在断层的下盘,如 Zn-5 矿体和 Zn 矿体就分布在 F₅₃、F₇ 断层的下盘,且 Zn 矿体靠近断层的部位是矿体最厚的地方,远离断层厚度逐渐变小至消失。

4.2 区域地球化学特征

1:20 万水系沉积物化探资料表明,金属元素 Pb、Zn 在五指山背斜有高的背景值,Pb、Zn 综合异常明显,且异常面积较大,异常方向与构造大体一致,与区内岩性、构造分布基本吻合。其中 Zn 异常面积达 92 km²,且有较高的异常强度和明显的三级浓度分带,异常范围内 Zn 含量 $194 \times 10^{-6} \sim 1150 \times 10^{-6}$,平均含 Zn 459.45×10^{-6} ,异常浓集中心位于白泥田—屯背后一带。Pb 异常面积为 75 km²,且有较高的异常强度、明显的三级浓度分带,异常范围内 Pb 含量 $126 \times 10^{-6} \sim 748 \times 10^{-6}$ 。

4.3 矿床成因浅析

该矿床属于层控型矿床,矿体顺层产出,主要呈层状、似层状,后期改造作用不明显,为典型的沉积型矿床。与白云岩关系密切,明显受一定层位控制。铅锌矿中硫化物稀土元素组成特征、峨眉山玄武岩中成矿元素铅锌的含量、铅锌矿硫同位素及锆同位素组成分析表明,该区铅锌矿成矿物质不是来源于峨眉山玄武岩,且峨眉山玄武岩的喷出时代与本区铅锌矿成矿时代相差较远,矿床的形成与岩浆活动无明显的成因联系^[3]。沉积环境为古陆隆起边缘张性断裂的半局限—局限台地相环境。纳雍枝铅锌矿床为成矿元素初始富集成矿,

①陈国勇,等. 贵州五指山地区铅锌矿勘查评价报告. 2009.

岩层具有初始富集的特征. 矿质来源有陆源风化产物, 也有通过断裂上升的深部物质. 将纳雍枝铅锌矿床的一些主要特征与典型的密西西比河谷型铅锌矿床进行对比研究表明(表 2), 区内铅锌矿床在成矿地质条件、主要矿化特征和控矿因素等方面与北美密西西比河谷型(MVT)铅锌矿床具有较强的可比性^[4-5]. 因此可以初步判断: 纳雍枝矿床具备 MVT 铅锌矿床的成矿机理, 其成因类型上属密西西比河谷型铅锌矿床.

4.4 找矿前景分析

五指山背斜位于黔西北铅锌矿成矿区的北东侧, 具有良好的成矿地质背景. 纳雍枝矿床是五指山背斜矿集区的重要组成部分, 矿体的分布与区内赋矿层位及北东向断裂有一定的联系, 找矿前景十分广阔.

(1)从矿区范围看, 矿化多集中分布于寒武系下统清虚洞组地层中, 在矿区范围内广泛分布有该组地层, 且碳酸盐岩十分发育. 含矿岩石主要为白云岩, 而该岩石主要形成于台地相环境. 通过前人的研究成果和资料, 了解到五指山地区的岩相古地理环境是碳酸盐岩台地相, 这就为寻找铅锌矿床增加了可能性.

(2)不同级别、不同方向的断裂交汇部位, 往往是矿床的分布地区, 也是铅锌矿床得以就位的空间. 纳雍枝铅锌矿床位于紫云—坝都深大断裂的北东侧, 南东侧有安顺—凯里深断裂, 这些深断裂是纳雍枝矿床深部物质来源的前提, 而矿区内 F_1 、 F_7 、 F_{13} 、 F_{52} 、 F_{53} 断层是次一级构造, 它们为矿床的形成提供了矿质流动的通道. 五指山地区普遍具有纳雍枝矿床所具有的这些构造特点, 因此, 五指山地区已经具有了寻找铅锌矿床的构造条件.

(3)纳雍枝地区位于五指山背斜 Pb、Zn 综合异常

明显的部位, 异常与区内构造较吻合, 与矿床(点)展布方向一致. 矿体分布较密集, 矿石品位较大, 具有较大的找矿潜力. 而五指山地区具备异常的部位还很多, 这说明该区具有一定的找矿潜力.

(4)纳雍枝铅锌矿成矿地质条件、主要矿化特征和控矿因素等与北美密西西比河谷地区产出的铅锌矿床具有较高的可比性. 而北美 MVT 铅锌矿床具有成群成带分布的特点, 五指山地区也已发现呈群聚性分布的矿床, 预示其寻找铅锌矿床的拓展空间较大.

综上所述, 五指山地区具有较为有利的成矿地质条件、化探异常, 区内已经发现了具有工业价值的金坡铅锌矿床、芦茅林铅锌矿床, 寻找铅锌矿前景广阔.

致谢: 本文在编写过程中得到了刘俊等专家指导和帮助, 本文收集和引用了贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院的部分成果资料, 谨对他们表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] 黄林, 赵征, 刘金海, 等. 黔西北五指山背斜矿集区铅锌矿成矿远景浅析[J]. 贵州地质, 2006, 23(3): 203—205.
[2] 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.
[3] 顾尚义. 黔西北铅锌矿稀土元素组成特征——兼论黔西北地区铅锌矿成矿与峨眉山玄武岩的关系[J]. 贵州地质, 2006, 23(4): 274—277.
[4] 薛顺荣, 胡光道, 丁俊. 成矿预测研究现状及发展趋势[J]. 云南地质, 2001, 20(4): 411—416.
[5] 朱裕生. 矿产资源评价方法学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 71—85.

表 2 研究区铅锌矿床与典型 MVT 铅锌矿床主要地质特征对比

Table 2 Comparison of geological characteristics between the studied deposit and typical MVT Pb—Zn deposit

项目	典型密西西比河谷铅锌矿床	纳雍枝铅锌矿床
时代	主要为 ϵ —O、D—C, 次为 S、P、T、J	ϵ
岩性	以白云岩、灰岩为主	白云岩
地球化学异常	以 Pb、Zn 为主元素, 次为 Ag、As 等	以 Pb、Zn 为主, 次为 Cu、Ag 等
矿床(体)规模	成群分布, 单个矿床以中小型为主, 少数为大型, 但矿区总体可达大型—超大型	分布具有群聚性, 单个矿床全为小型
与岩浆活动关系	无关	无关
矿石成分	矿石矿物有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿; 脉石矿物白云石、方解石、石英	矿石矿物以闪锌矿为主, 其次为菱锌矿、方铅矿和少量黄铁矿; 脉石矿物主要为白云石、方解石和石英, 次为长石和石墨
矿石结构构造	粗晶—细晶、溶蚀交代结构, 块状—浸染状、角砾状构造	自形粒状、他形晶粒状、交代残余结构, 脉状、浸染状、块状构造
围岩蚀变	主要为白云岩化, 次为重晶石化、碳酸盐化、萤石化	矿床围岩蚀变较弱, 见碳酸盐化
控矿因素	地层、成矿前形成的角砾岩带、断裂和破碎带	地层、层间滑动和虚脱部位
成矿时间	成岩后 200 Ma 以上, 与构造隆起同时	不详