

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

彭松¹, 金中国², 林贵生³, 朱允青³, 王兵³

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093; 2. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局, 贵阳 550005;
3. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局一总队, 清镇 551400)

摘要 普定五指山铅锌矿区位于川—滇—黔铅锌成矿域以东, 近年找矿取得重大突破, 已探明多个大型矿床, 提交铅锌资源储量近 250 万 t, 成为贵州重要的铅锌矿产资源地。铅锌矿体产出空间上具有“三层”分布特点, 走向上严格受背斜近轴部的 F_1 、 F_7 断层控制, 与寒武系下统清虚洞组深灰色中—厚层白云岩关系密切, 形态呈层状、似层状、透镜状, 与地层产状一致, 总体显示产出受构造、地层、岩性等综合因素控制。研究认为, 矿床形成经历了早期沉积成岩、有利环境成矿物质初步富集和区域构造作用导致成矿物质再活化形成矿化浓度较高的流体, 在构造动力、热动力驱动下, 将成矿流体运移到构造的虚脱部位及断裂破碎带内富集成矿, 在成因上属较典型的 MVT 型矿床。

关键词 铅锌矿 控矿因素 成矿模式 五指山 贵州

中图分类号: P618.42; P618.43

文献标识码: A

文章编号: 1674-7801(2016)03-0463-08

1 区域地质概况

五指山地区位于扬子准地台西南缘, 处于黔北台隆—遵义断拱—贵阳复杂构造变形区西段, 川—滇—黔铅锌矿成矿域以东, 紧邻区域性的紫云—垭都断裂带。区内出露寒武系至二叠系部分地层(图 1)。五指山背斜核部主要出露寒武系下统金顶山组和清虚洞组, 两翼为石炭系和二叠系地层, 岩性以海相沉积的碳酸盐岩为主, 见少量陆源碎屑沉积岩。其中, 清虚洞组白云岩是研究区铅锌矿的主要赋矿层位和含矿岩石。

五指山背斜是区内主体构造, 轴向北东, 由南西北向东延伸, 背斜核部被断层破坏, 轴面倾向北西。区内断层发育, 主要见北东向组和北西向组, 北东向组为区内主要导矿构造, 北西向组为区内主要控矿、储矿构造。研究区铅锌矿化强烈, 已见多个大中型矿床产出, 其中纳雍枝大型矿床是区内主要的铅锌

矿床。

区域上研究区属峨眉山大火成岩省的组成部分, 晚二叠世喷发形成的峨眉山玄武岩发育, 在研究区已完全剥蚀, 原岩浆岩不发育。

2 纳雍枝大型矿床地质特征

纳雍枝矿床位于五指山矿集区北东部的背斜核部地带, 处于断层 F_1 和 F_7 的断夹块之间, 是研究区规模最大的矿床。该矿床因探矿权设置分为芦茅林矿段、金坡矿段和砂岩矿段 3 个矿段(图 2)。矿体主要产于背斜核部和近轴部的清虚洞组(ϵ_{1q})白云岩中。矿床被北东向和北西向断层围限。

2.1 地层、构造特征

纳雍枝矿区出露地层从老到新依次有下寒武统金顶山组(ϵ_{1j})页岩、泥质粉砂岩, 清虚洞组(ϵ_{1q})白云岩、泥质白云岩; 下石炭统祥摆组(C_{1x})泥质粉

[收稿日期] 2015-08-05

[第一作者简介] 彭松, 男, 1990 年生, 在读硕士, 从事地质找矿工作。

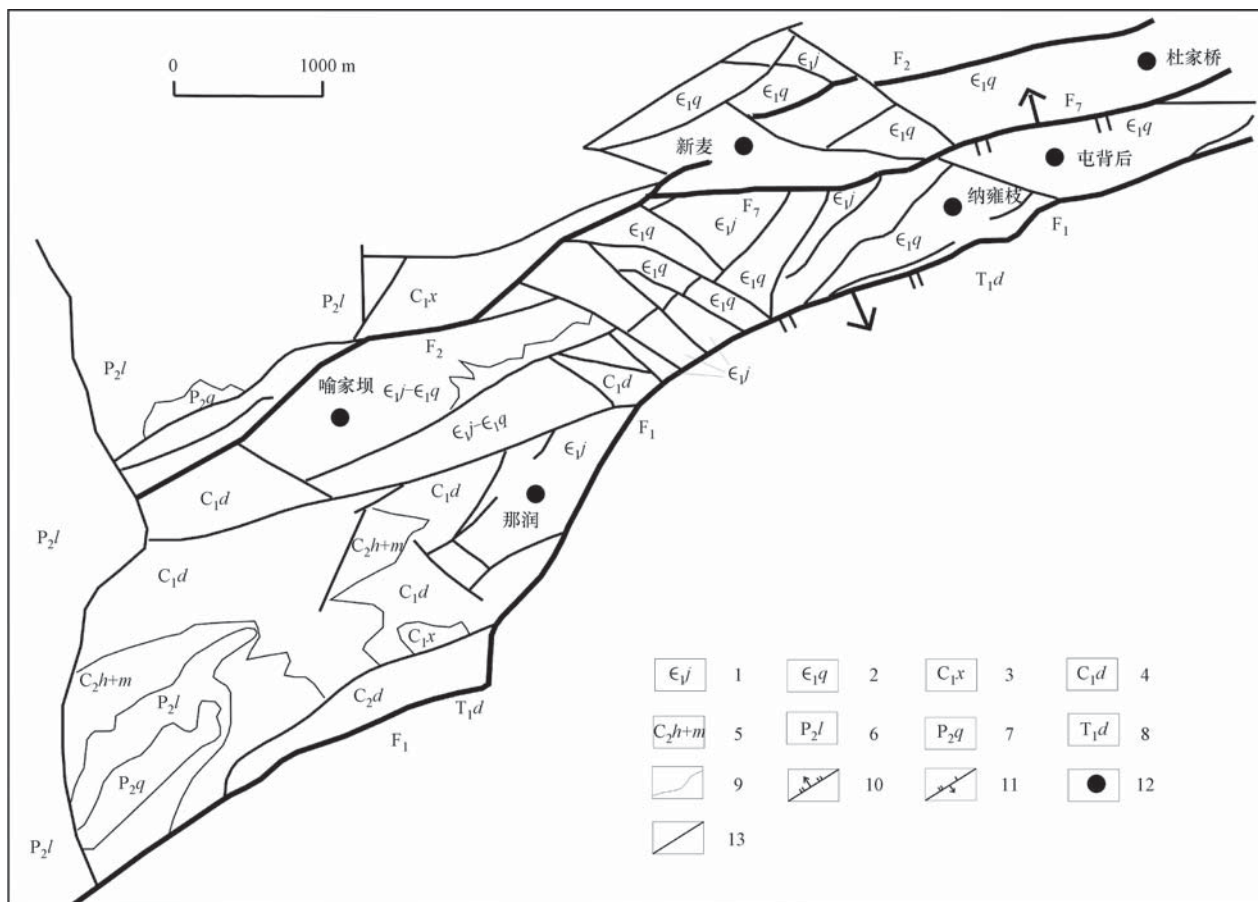


图1 五指山地区地质略图(据文献[5])

1—寒武系下统金顶山组泥质粉砂岩;2—寒武系下统清虚洞组白云岩;3—石炭系下统祥摆组泥质粉砂岩;4—石炭系下统大溥组白云岩;5—石炭系中统黄龙+马平组灰岩;6—二叠系中统梁山组泥质粉砂岩;7—二叠系中统栖霞组灰岩;8—三叠系下统大冶组灰岩;9—地层界线;10—正断层;11—逆断层;12—铅锌矿床;13—断层

砂岩、砂质泥岩夹劣质煤线,大浦组(C_{1d})粗晶白云岩;上二叠统龙潭组(P_{2l})黏土岩、粉砂质黏土岩煤线,栖霞组(P_{2q})白云质灰岩、灰岩;下三叠统大冶组(T_{1d})灰岩。背斜南东翼岩层倾向南东,倾角 $17^{\circ} \sim 56^{\circ}$,背斜北西翼岩层倾向北西,倾角 $8^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。下寒武统清虚洞组第一段和第二段(ϵ_{1q^1} 、 ϵ_{1q^2})为铅锌矿含矿层。

矿区发育北东、北西向两组断层(图2)。北东向断层主要有 F_1 、 F_2 、 F_7 等, F_1 沿矿区东南通过,破碎带宽 $10 \sim 20$ m,倾向南东,倾角 $57^{\circ} \sim 60^{\circ}$,为一条边界正断层,可见多期活动现象,是研究区内主要的导矿构造。 F_7 大致沿五指山背斜轴部穿过,破碎带宽 $1 \sim 10$ m,倾向北,倾角 $51^{\circ} \sim 75^{\circ}$,为逆断层,是区内主要的导矿、控矿断层。 F_2 断层横贯整个矿区,为张扭性断层,北东段表现为逆断层,南西

段表现为正断层,倾向北西,倾角 $68^{\circ} \sim 70^{\circ}$,破碎带宽 $10 \sim 20$ m。

北西向组断层为一组倾向北东,倾角较陡的正断层,是区内控矿、储矿构造。

2.2 矿体特征

矿区铅锌矿体按从下至上空间展布分为I、II、III 3个含矿层,I含矿层位于清虚洞组第一段(ϵ_{1q^1}),II含矿层分布在清虚洞组第二段第一层($\epsilon_{1q^{2-1}}$)、III含矿层产于清虚洞组第二段第二层($\epsilon_{1q^{2-2}}$)。矿体呈层状、似层状、透镜状产出,矿体产状平缓,倾角 $11^{\circ} \sim 17^{\circ}$ (图3,图4)。金坡矿段矿体走向长 $50 \sim 1266$ m,宽 $30 \sim 375$ m,厚 $1.00 \sim 21.30$ m,平均品位Zn 5.59%,Pb 0.64%,勘探新增Zn+Pb(伴生)金属资源储量超44万t。芦茅林矿段圈定18个

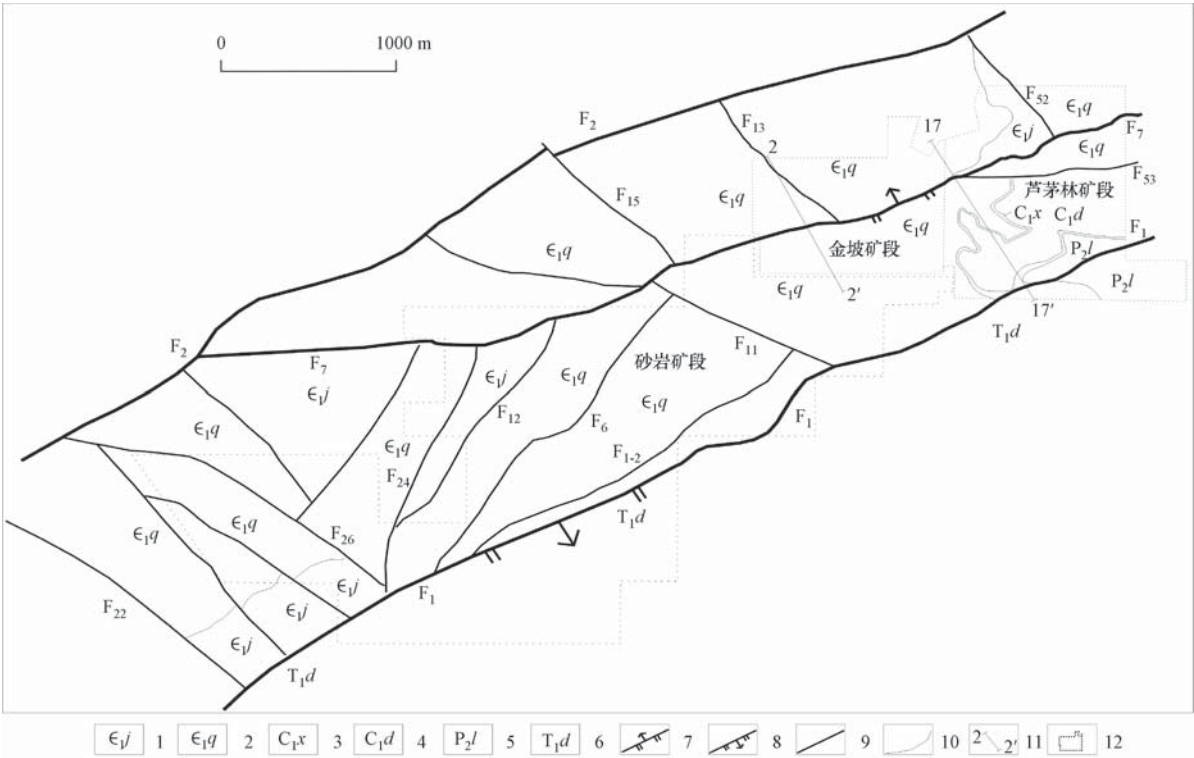


图2 纳雍枝矿床地质简图
(据文献[14-15]修改)

1—下寒武统金顶山组泥页岩、泥质粉砂岩;2—下寒武统清虚洞组白云岩;3—下石炭统摆摆组泥质粉砂岩;4—下石炭统大浦组白云岩;5—上二叠统龙潭组粉砂质黏土岩;6—下三叠统大冶组灰岩;7—逆断层;8—正断层;9—断层;10—地质界线;11—剖面线及编号;12—矿段分界

矿体,走向长50~1034 m,宽60~730 m,厚0.35~11.5 m,平均品位 Zn 3.92%,Pb 0.59%,勘探新增 Zn+Pb (伴生)金属量超37万t。砂岩矿段矿体产出特征与金坡、芦茅林矿段相似,探获 Zn+Pb 金属量超50万t,平均品位 Zn 5.93%,Pb 0.97%。那雍枝矿床勘探铅锌金属资源储量超130万t,大型矿床规模。

2.3 矿石特征

矿石自然类型属于原生硫化矿物矿石,见少部分氧化矿物。矿石组成较简单,金属矿物主要为淡黄色、高粱色闪锌矿,方铅矿、黄铁矿次之。矿石构造以浸染状和块状为主,局部见脉状;矿石结构具他一自形粒状结构、交代残余结构。

矿石矿物组合及赋矿围岩空间分布特征为:从矿体底板至顶板依次呈现灰色厚层含泥质白云岩→闪锌矿+黄铁矿→深灰色薄层状砂泥质细晶白云岩→闪锌矿→深灰色薄层状砂泥质细晶白云岩→闪锌矿→深灰色薄层状砂泥质细晶白云岩。赋矿围岩为

灰色厚层状似瘤状白云岩。矿石中淡黄色、高粱色闪锌矿呈星点状、细粒浸染状分布。黄铁矿沿矿体与围岩接触部位富集,显示充填成矿作用的特点。

矿石中富 As、Sb、Hg、Ge、Ga 等元素,且跟 Zn 表现出一定的相关性。矿石元素组合分析见表1。

3 控矿因素

3.1 岩相古地理控矿

贵州西部前震旦纪时期属扬子地台西缘岛弧海相环境,发育中酸性火山岩、火山碎屑岩,并富含 Pb、Zn 等矿物组分^[1]。随着雪峰运动影响,扬子准地台整体隆起,长期裸露遭受风化剥蚀,使 Pb、Zn 等矿质元素初步富集于基底风化物中。从震旦纪灯影期开始,该区开始大规模海侵,受罗迪亚超大陆裂解作用影响,早寒武世矿区处于古陆边缘的拉张带,牛蹄塘期为裂谷强还原沉积环境,并伴有海底火山

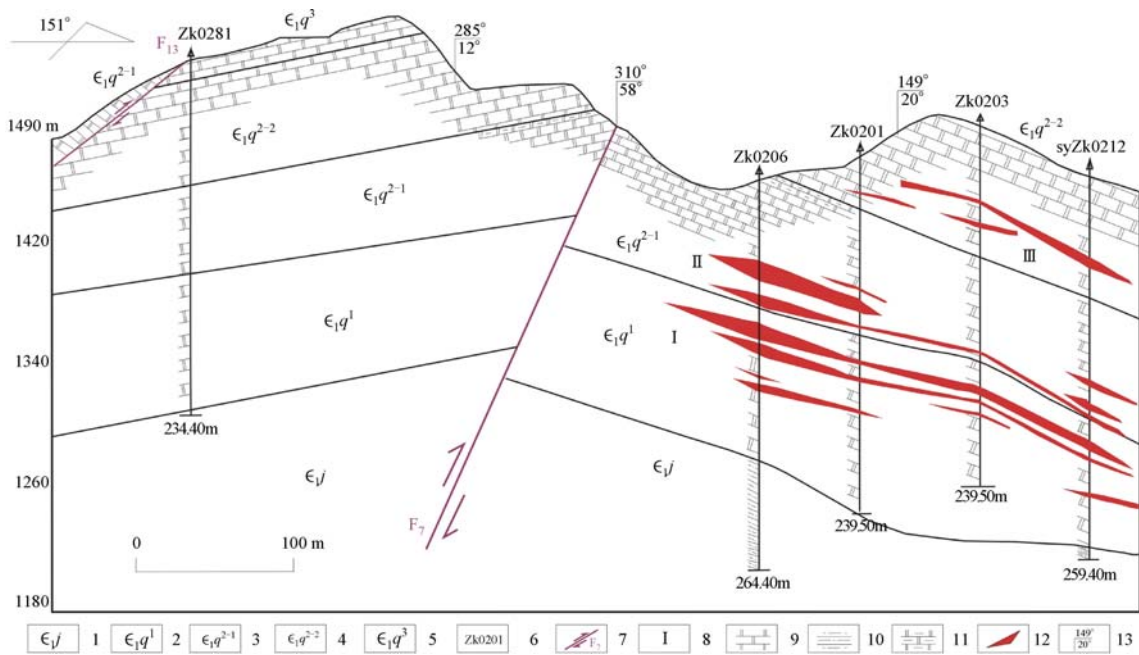


图3 纳雍枝矿区金坡矿段 2—2'勘探线剖面图(据文献[14]修改)

1—下寒武统金顶山组;2—下寒武统清虚洞组第一段;3—下寒武统清虚洞组第二段第一层;4—下寒武统清虚洞组第二段第二层;5—下寒武统清虚洞组第三段;6—钻孔编号;7—逆断层及编号;8—矿层编号;9—白云岩;10—泥质粉砂岩;11—泥质白云岩;12—矿体;13—产状

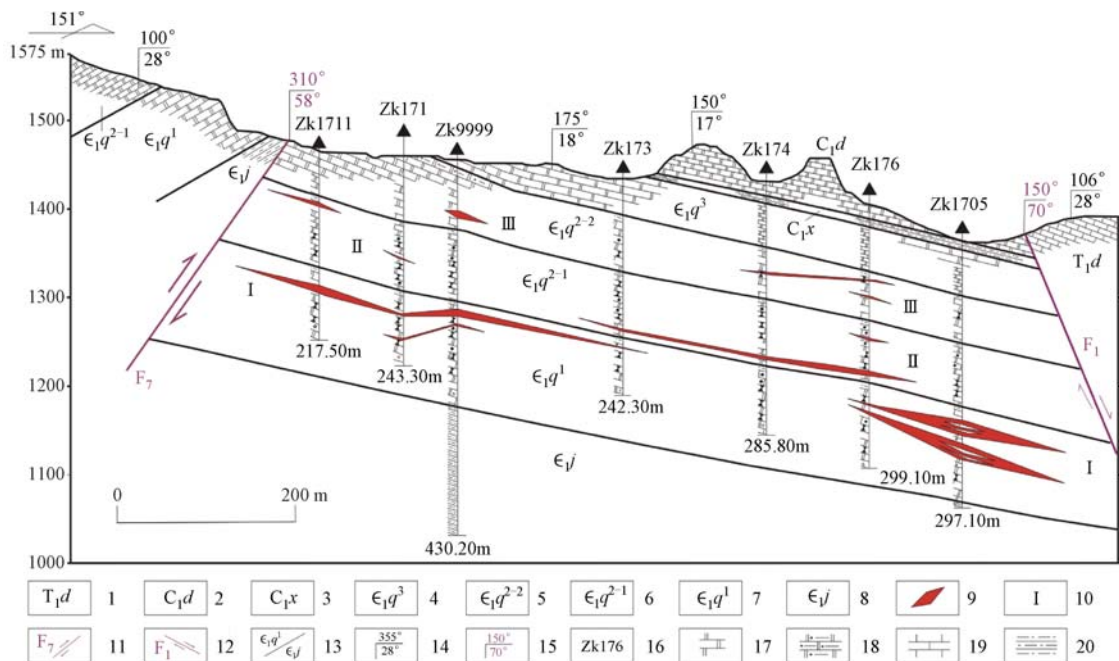


图4 纳雍枝矿区芦茅林矿段 17—17'勘探线剖面图(据文献[15]修改)

1—三叠系下统大冶组;2—石炭下统大浦组;3—石炭系下统祥摆组;4—寒武系下统清虚洞组第三段;5—寒武系下统清虚洞组第二段第二层;6—寒武系下统清虚洞组第二段第一层;7—寒武系下统清虚洞组第一段;8—寒武系下统金顶山组;9—矿体;10—矿层编号;11—逆断层及编号;12—正断层及编号;13—地层界线;14—地层产状;15—断层产状;16—钻孔编号及位置;17—白云岩;18—砂泥质白云岩;19—灰岩;20—泥质粉砂岩

表 1 纳雍枝矿床矿石元素组合分析表

工程 编号	As / 10^{-6}	Sb / 10^{-6}	Hg / 10^{-6}	Cu /%	Pb /%	Zn /%	Ag / 10^{-6}	Ga / 10^{-6}	Ge / 10^{-6}	In / 10^{-6}	Zn(水溶锌) /%	Zn(氧化锌) /%	Zn(硫化锌) /%	Zn(其他锌) /%
ZK501	87.0	41.5	40.7	0.022	0.26	6.32	7	20	50	< 5	< 0.01	0.98	5.76	0.05
ZK502	54.3	8.1	3.60	0.003	0.08	3.00	2	11	31	< 5	< 0.01	0.17	3.09	0.04
ZK101	104	12.5	16.6	0.007	0.21	5.06	0.1	18	40	< 5	< 0.01	0.45	5.01	0.04

分析单位:贵州省有色金属和核工业地质勘查局分析测试中心,2012。

喷发和地幔物质加入,沉积形成了富含有机质、富 Ni、Mo、V、U、Cu、Pb、Zn、S 及铂族元素的碎屑岩沉积。清虚洞期为海水不流畅、高盐度、富含硫的碳酸盐岩局限台地环境,利于 Pb、Zn 等成矿物质富集^[2-3]。

3.2 地层及岩性控矿

矿区铅锌矿产于下寒武统清虚洞组,该地层整合于金顶山组之上,与上覆下石炭统祥摆组地层为平行不整合接触。金顶山组页岩、泥质粉砂岩和祥摆组泥质粉砂岩、砂质泥岩与清虚洞组白云岩形成一套砂、泥岩夹白云岩组合,使岩性层位具圈闭条件。砂岩、泥质砂岩孔隙率较低,连通性差,是成矿流体迁移的地球化学障,阻挡成矿流体向上运移和下渗,成为一层隔挡层。而白云岩性脆、地球化学性质活泼,孔隙率较高、连通性好,利于铅、锌矿质在白云岩中富集成矿。矿层顶底板分别为砂泥质细晶白云岩、含泥质白云岩,形成一个层内的地球化学障,为矿质在似瘤状白云岩中成矿提供良好的岩性条件。

3.3 构造控矿

区域上邻近矿区的紫云—垭都深大断裂和安顺—镇远深大断裂,是切穿基底乃至上地幔的多期活动断裂^[2,4],使矿区与深部沟通,为基底乃至深部成矿物质提供上升通道。

背斜构造和不同级别的断层构造复合叠加所形成的虚脱空间是成矿的有利部位^[5]。背斜和断层交汇的背斜核部和翼部是主要产矿地带。

F₇、F₁是主要导矿、控矿断层,矿体产于断层 F₇、F₁之间(图 4),靠近断层的部位矿体较为膨大,远离断层则厚度逐渐变小甚至尖灭。破碎带中白云石化强烈,铅、锌等矿质通常在白云岩与灰岩界面附近的白云岩一侧富集成矿^[6]。矿区呈脉状产出的

矿体主要产于构造作用比较强烈的断层破碎带之内的角砾状白云岩与构造角砾岩中,矿石为交代残余结构,表现出改造作用的特点。

4 成矿演化模式

4.1 成矿物质来源讨论

关于黔西北地区铅锌矿成矿物质来源,众多专家学者联系到该区的峨眉山玄武岩^[7-8]。顾尚义(2006)通过对黔西北峨眉山玄武岩和辉绿岩的稀土元素组成特征研究认为,峨眉山玄武岩和辉绿岩与铅锌成矿没有关系^[9]。陆朝武(2011)对五指山地区金坡矿段闪锌矿稀土配分曲线研究显示 Ce 负异常虽然不明显,但是 Eu 负异常现象明显^[10],与峨眉山玄武岩及辉绿岩所表现出的较平滑曲线有一定的差异。贵州西部地区寒武系地层中 Pb、Zn 平均含量分别为 48.6×10^{-6} 、 160.3×10^{-6} ^[11],其中牛蹄塘组磷块岩中 Pb、Zn 含量分别为 319×10^{-6} 、 621×10^{-6} ^[1],显示丰度值高,富集特征明显。而峨眉山玄武岩及辉绿岩中 Pb 分别为 3×10^{-6} 、 5.3×10^{-6} ,Zn 分别为 71×10^{-6} 、 95×10^{-6} ^[9],显示含量相对低,富集特征不明显。

谭华(2012)研究五指山铅锌矿区铅同位素 Pb²⁰⁶/Pb²⁰⁷比值为 1.1405~1.1409^[12],认为铅质可能与上地幔或岩浆源有关;闪锌矿硫同位素的 $\delta^{34}\text{S}$ 分布范围为 19.22‰~23.401‰,平均值为 21.756‰^[12],说明硫是来源于海相沉积的硫酸盐类矿物。金中国(2007)对临区成矿物质来源的研究认为矿床中铅质具有多源特点,主要来源于上地壳,其次来源于造山带和上地幔^[13]。

综上所述,成矿物质主要来自赋矿层位本身及其下伏地层,部分来源于造山带和上地幔,具多源特点。

4.2 矿床成因

该矿床属于沉积型碳酸盐岩铅锌矿床,矿体顺层产出碳酸盐岩中,受层位控制明显。表 2 将该矿床主要矿床地质特征与典型的 MVT 型铅锌矿床进行了对比。研究表明五指山铅锌矿床与 MVT 铅锌矿床有相同的成矿机理,在成因类型上属典型的 MVT 型矿床。

4.3 成矿模式

成矿模式可总结为“沉积→改造成矿→富集成矿”。扬子准地台隆起后,前震旦纪富含铅、锌等矿物组分基底长期裸露地表,遭受风化剥蚀。基底风化物中含大量的 Pb、Zn 等矿质向盆地聚集、沉积成岩。受罗迪亚超大陆裂解晚期作用影响,地壳拉张,沉积环境为海水不流畅、高盐度、富含硫酸盐的闭塞—半闭塞的沿古陆边缘拉张带,Pb、Zn 等成矿物质在该环境中再次富集。区域性深大断裂的多期活

动和古陆边缘的同生断层的复活和继承性活动,有利于深部热卤水通过断层向上运移与沿裂隙渗入的自然水和地下水混合后形成对流循环系统。印支—燕山期,在造山运动形成的热能与地温热能的多重影响下,被活化的矿物质进入由地下水、沿裂隙渗入的自然水和沿断层上移的深部热液组成的混合水而形成含矿热液。含矿热液在运移过程中萃取、溶滤含矿地层中的矿物质,在一定的物理化学条件下,Pb、Zn 等元素以硫化物的形式沉淀,在背斜和断层构造复合叠加的虚脱空间部位富集成矿(图 5)。

5 结论

- (1) 成矿物质主要来自赋矿层位本身及其下伏地层,部分来源于造山带和上地幔,具多源特点,与区内峨眉山玄武岩及其次生辉绿岩无成因联系。
- (2) 矿体受地层层位、岩性、构造控制明显,北东向断层是主要控矿构造。上覆下石炭统祥摆组及下伏金顶山组地层形成的圈闭条件使矿质在清虚洞

表 2 五指山铅锌矿床与典型 MVT 型矿床主要矿床地质特征对比

地质条件	MVT 矿床	五指山铅锌矿床
构造背景	沉积盆地边缘的抬升部位,或者古老克拉通的边缘,内部裂谷环境中,一般与构造运动或者裂谷活动有关	扬子克拉通西缘,黔中隆起西南缘,受垭都—紫云断裂带控制
与岩浆岩关系	无直接成因联系	无直接成因联系
赋矿地层岩性	石炭纪、泥盆纪、奥陶纪和寒武纪的碳酸盐岩,矿体多产于白云岩和交代灰岩中	寒武系下统清虚洞组白云岩,矿体主要产于瘤状白云岩中
控矿因素	主要受构造、地层、岩性控制,但以缓倾斜的层间断层为主	主要受构造、地层、岩性控制,层间平缓断层是主要的控矿构造
矿石结构构造	结构主要为胶状、骸状粗晶结构;以浸染状、细粒状和块状构造为主	他形—自形粒状结构、交代残余结构;以浸染状、块状构造为主
矿石自然类型	以硫化物为主	以硫化物为主
矿物组合	矿石矿物:闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿和白铁矿脉石矿物:重晶石、萤石、方解石、白云石和石英	矿石矿物:闪锌矿、方铅矿、黄铁矿,脉石矿物:方解石、白云石、石英
硫同位素	$\delta^{34}\text{S}$ 范围为+10‰~+25‰,硫来源于海相碳酸盐	$\delta^{34}\text{S}$ 范围多为+19‰~+25‰,硫来源于海相碳酸盐
铅同位素	铅同位素组成比较高,多具分带性,表明铅质为多来源,具有“J 型异常铅”	铅同位素显示主要来源于壳源铅,少量造山带,具多源性
矿床规模	成群分布,单个矿床以中小型为主,但矿区总体规模可达大型—超大型	矿床成串分布,单个矿床以中小型为主
成矿物质	Pb、Zn、Ag 等主要来源于下伏红色 Lamotte 砂岩,与基底变质岩有关	Pb、Zn、Ag 等主要来源于下伏寒武系及前震旦系基底火山碎屑岩地层

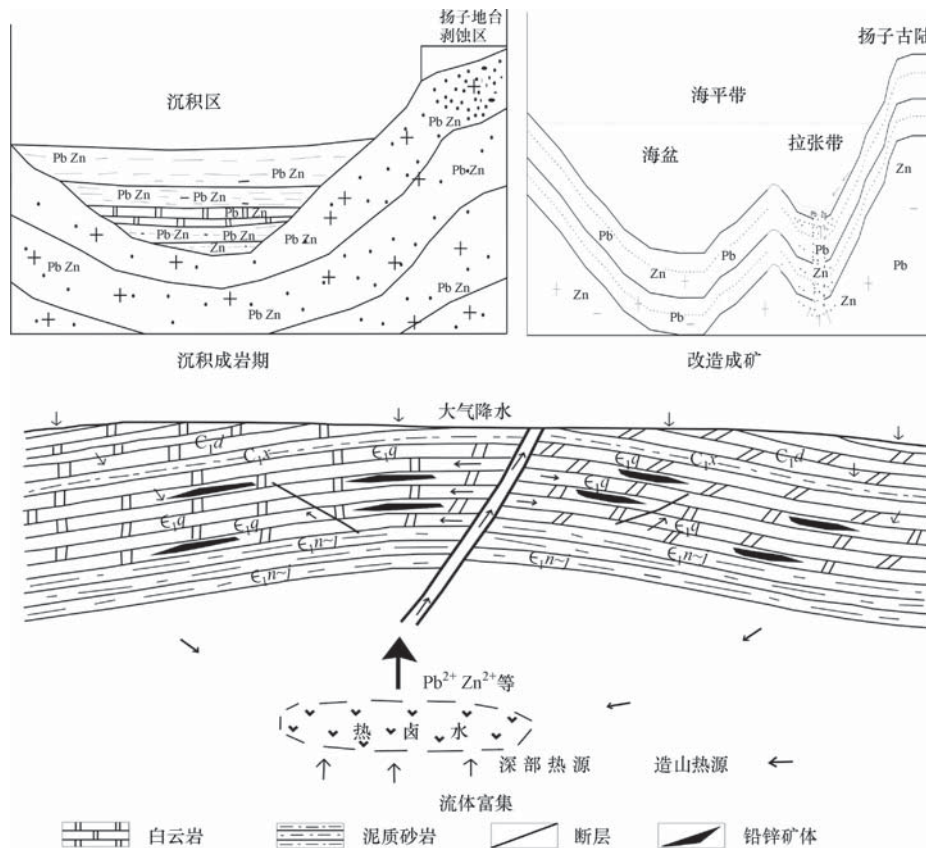


图5 五指山地区铅锌成矿模式

(其他图例见图1)

组白云岩中富集成矿。砂泥质细晶白云岩形成层内隔挡层,使矿体在空间上具有3层分带的特点。

致谢 感谢评审专家提出的宝贵意见。在撰写过程中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和贵州省地质矿产勘查开发局一〇四地质大队的部分成果资料,在此对他们表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] 金中国.黔西北地区铅锌矿控矿因素、成矿规律与找矿预测[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [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] 董家龙.黔西北地区铅锌矿床成矿规律与找矿研究[D].昆明:昆明理工大学,2008.
- [4] 程国繁,徐安全.试论“威宁—紫云”北西向构造带变形特征[J].贵州地质,1998,15(4):311-320.
- [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].矿产与地质,2013,27(1):26-31.
- [6] 金中国,黄智龙.黔西北铅锌矿床控矿因素及找矿模式[J].矿物学报,2008,28(4):467-472.
- [7] 黄智龙,陈 进,刘丛强,等.峨眉山玄武岩与铅锌成矿关系初探[J].矿物学报,2001,21(4):681-687.
- [8] 韩润生,刘丛强,黄智龙,等.论云南会泽富铅锌矿床成矿模式.矿物学报,2001,21(4):674-680.
- [9] 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.
- [10] 陆朝武.黔西北五指山矿集区金坡大型铅锌矿床成因及成矿模式[D].桂林:桂林理工大学,2011.
- [11] 金中国,戴塔根.贵州水城铅锌—矿带成矿条件及控矿因素与成因[J].矿产与地质,2005,19(5):491-494.
- [12] 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.
- [13] 金中国,张伦尉,叶 静.黔西北地区铅锌矿床成矿物质来源探讨[J].地质与勘探,2007,43(6):32-35.
- [14] 蔡国盛,曾道国,吴昭阳,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勘探地质[R].贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院,2012.
- [15] 蔡国盛,曾道国,吴昭阳,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勘探地质报告[R].贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院,2012.

Analysis of ore-controlling factors and metallogenic model of Wuzhishan lead-zinc deposit, Guizhou: a case study of Nayougzhi deposit

PENG Song¹, JIN Zhong-guo², LIN Gui-sheng³, ZHU You-qing³, WANG Bing³

(1. College of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;

2. Guizhou Bureau of Geological Exploration for Non-ferrous Metals and Nuclear Industrial, Guiyang 550005;

3. No.1 Geological Team, Guizhou Bureau of Geological Exploration for Non-ferrous Metals and Nuclear Industry, Qingzhen 551400)

Abstract: The Wuzhishan lead-zinc deposit is located in the eastern part of Sichuan-Yunnan-Guizhou lead-zinc mineralization area. Major prospecting breakthroughs were achieved in recent years, and several large-sized lead-zinc deposits were discovered, and proven lead-zinc metals reserves nearly 2.5 million tons. It has become the important lead and zinc resource area in Guizhou. Lead-zinc ore bodies distributed as forms of “Three layers” on the space. The strike was controlled by the F_1 and F_7 faults near the anticline axis strictly, close to the middle-thick layer of lower Cambrian dark gray dolomite of Qingxudong formation. Ore bodies are layered, stratified and lenticular, consistent with the attitude of stratum. It is controlled by structure, stratum, lithology, and other comprehensive factors. Study results suggest that the formation of deposit experienced early sedimentary diagenesis, metallogenic material preliminary enrichment in favorable environment and regional tectonic activity, which resulted in the metallogenic material reactivation to form higher mineralization concentration fluid. Driven by tectonic dynamics and thermodynamic, ore-forming fluid was moved into the tectonic collapse site and fractured zones to yield the concentration and mineralization. The genesis of deposit belongs to the typical MVT type.

Key words: Pb-Zn deposit, ore-control factors, metallogenic model, Wuzhishan, Guizhou