

# 湘西南铜厂界钴铜多金属矿床地质特征及成因浅析

梁玉明<sup>1, 2</sup>

1. 湖南省自然资源调查所, 2. 湖南省自然资源事务中心

**摘要:** 钴是我国紧缺急缺的战略性矿产, 近年来的勘查成果表明, 湖南具较大钴矿找矿潜力。本文通过分析湘西南铜厂界钴铜多金属矿床地质特征、矿石特征、围岩蚀变特征及矿物组合特征, 探讨其成矿物质来源, 以期对今后寻找同类型钴矿提供借鉴意义。

**关键词:** 铜厂界; 钴矿; 矿石特征; 围岩蚀变; 成因

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2023. 14. 116

钴是一种战略性矿产资源, 中国是全球第一大钴矿资源消费国, 但钴矿资源储备严重不足, 超过90%的钴原料进口来自刚果(金)等国<sup>[1-2]</sup>。近年来, 由于国际上主要产钴国家矿业政策的变化, 对我国钴矿原材料资源供给产生了深远影响。提高我国钴矿资源储量、增加资源储备是解决这一供需矛盾的有效途径之一<sup>[3]</sup>。钴是一个典型的地幔型元素<sup>[4]</sup>, 具迁移能力强的特点, 在地壳中主要呈分散状态。因此, 钴除少量以独立矿床产出外, 主要作为其他矿床的伴生金属产出<sup>[5]</sup>。近年来在湘东北、湘西南地区相继发现了横洞、井冲及陇城等钴矿床, 且找矿效果较好, 显示湖南具较大钴矿找矿潜力。湘西南铜厂界钴铜多金属矿是湖南境内已发现少有的原生钴矿床, 本文通过分析其矿床地质特征及成因, 以期对今后寻找同类型钴矿提供地质依据。

## 一、矿区地质特征

### (一) 地层

矿区出露地层主要为寒武系上统及中统第三段, 次为板溪群和泥盆系中统跳马涧组。其中寒武系上统是主要赋矿层位, 共分为四段, 第一段为中薄层状灰岩、白云质灰岩夹纹理灰岩; 第二段为中厚层绢云母板岩与中薄层钙质板岩互层; 第三段为含炭质灰岩、白云质灰岩、条带状灰岩、泥质灰岩夹板岩、钙质云母砂岩; 第四段为泥质板岩夹钙质板岩。

### (二) 构造

矿区位于区域性罗翁-陇城大断裂的南东侧, 区内断裂褶皱构造十分发育, 其中以北东、北北东向为主, 近东西、近南北次之, 北西向规模较小(见图1)。

北东、北北东向断裂主要为走向压性断裂, 成组出现, 为矿区的导矿构造, 走向以30-40°为多, 规模较大, 计有F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7及F12共8条, 为本矿区内主要断裂构造, 倾向南东, 倾角60-80°, 属逆断层。

近东西向断裂同样发育, 以张性、压扭性及张扭性

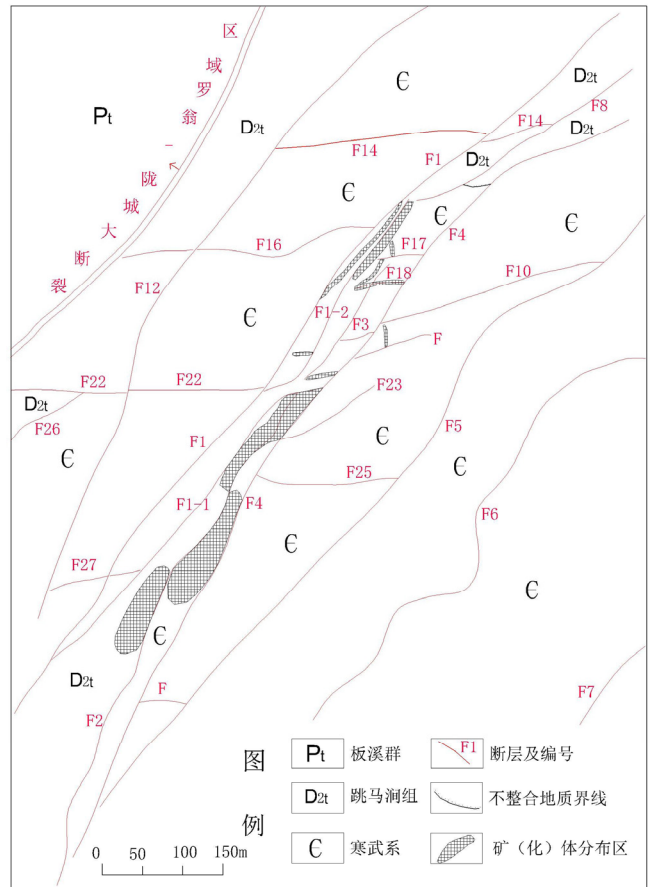


图1 铜厂界矿区地质简图

为主, 倾向南, 规模较大的有10余条, 如F14、F16、F17、F18、F21、F22、F27等, 均具有铜钴矿化, 而与北西向断层平行但规模较小的次级裂隙也为重要的容矿构造, 局部富集形成铜矿体, 如V、VI、VII三个矿体就产于北东F1与F4夹持的次级裂隙中。

南北向断裂以张性为主, 同样为重要的容矿构造, 有IV号矿体就产于其中。

此外, 在区内尚有一组北东向裂隙, 规模很少, 一般长几十厘米-几米, 宽1-2厘米, 形态不规则, 往往成小透镜体或雁行式排列, 破碎带有充填物, 普遍见矿化。

褶皱构造为铜厂界复式向斜, 钴铜矿体就位于复式向斜的南东翼中段, 矿区内次级褶曲较发育, 主要为对称、不对称褶曲及紧密线状褶曲。

### (三) 岩浆岩

矿区范围内岩浆岩不发育, 但矿区南西5-6千米竹塘-陇城一带见基性-超基性岩沿罗翁-陇城大断裂呈带

状产出。岩体均受到不同程度的蚀变作用，其中以蛇纹石化最强，其次有绿泥石化、碳酸盐化、钠长石化和次闪石化。岩体中含Ni一般0.00~0.10%，最高0.13%；含Co一般0.01~0.02%，最高0.04%；含Cu一般为0.00~0.04%。岩体中另发育少量黄铁矿、磁黄铁矿等其他硫化物<sup>[6]</sup>。区内岩体内普遍见钴矿化并形成有低品位-工业品位钴矿体。

## 二、矿床地质特征

目前矿区已知的矿床成因类型有：①中低温热液充填浸染型钴、铜矿床；②泥盆系沉积型含铜砂岩，产于跳马涧组上段浅紫交互层的灰黑色砂岩中，已知厚度小，品位低，无工业利用价值；③风化次生富集的钴土矿，由褐色、棕褐色土状物，其中钴含量较之新鲜岩石高5-6倍，但厚度变化大，分布零散，不能圈出单独的矿体。此外笔筒山、寨盘等地段，地表岩石局部风化强烈，见有铜的次生富集现象，但未形成铜的次生富集带，寒武系灰岩段中见有黄铜矿或辉砷钴镍矿沿层分布，个别地方发现钴的富集与条纹状灰岩有关，但未进一步查明其由沉积作用形成或系选择性交代作用所形成。

### （一）矿体特征

矿区目前圈定的矿化范围长800米，宽500米，最高见矿标高694米，最低见矿标高180米，高差约500米。但主要矿体和矿化集中于F1与F4断层之间，南北长650米，宽50-100米，矿化深度200—300米，并自北向南有深度增加趋势。矿区内锌矿化分布最广，灰岩段、板岩段内均有，但零星分散。钴矿化分布范围次之，局限于灰岩段内，而以F1-F4间的中、南部最集中。铜矿化分布范围又次之，也仅局限于灰岩段内，而以F1-F4间的两端最富、最集中。矿区目前共圈出13个矿体，编号I-XIII。笔筒山矿段圈出8个矿体，其中I、III、VI号矿体为铜钴矿体（VI号矿体632米标高以上为铜钴矿体，632米以下为单一钴矿体），IV、V、VII号矿体为钴矿体，II、VIII为铜矿体。钢头冲矿段圈出5个矿体，IX、XI、XII、XIII号矿体为铜矿体（均为隐伏矿体），X号为锌矿体（隐伏矿体）。按其赋存部位、产出形态分破碎带型和细脉充填浸染型两种（表1），破碎带型和细脉充填浸染型两类矿体在空间分布上关系密切，往往彼此伴生。其特点详细叙述如下：

①破碎带型：围岩绝大部分为寒武系白云质灰岩或白云岩，极少数为寒武系板岩或泥盆系砂砾岩，多数矿体产状清晰。产于东西走向的压扭性断裂中矿体3个（V、VI、VII），其形态较规则，厚度变化不大，其中VI、VII矿体，除破碎带本身含矿外，破碎带上、下盘或上盘围岩中，具细脉充填浸染型工业矿化，矿体边界不清晰，形态也变的复杂。产于南北走向的扭性兼张性断裂中矿体2个（III、IV），其形态较不规则，厚度变化

大，有膨缩、分枝、追踪现象。产于北东走向的纵向张性断裂中矿体5个（I、IX、X、XI、XII），在平面上呈折线状。产于北西走向的横向张性断裂中矿体1个（II），呈小透镜状。以上矿体多都被断层频繁错动，形态变的更复杂，已知矿体的两端和深部被错断后下落不明。

②细脉充填浸染型：产于寒武系灰岩段，由多组含矿细脉及脉间矿化岩石（白云岩及白云质灰岩）构成，无清晰边界，绝大多数形态产状不清，一般矿化范围大，但矿化富集地段少而分散。矿体主要有2个，分别为VIII和XIII号。矿体中的含矿细脉一般5-8条/米，最密集处可达20-25条/米。

### （二）矿石特征

矿石矿物以黄铜矿和辉砷钴镍矿及闪锌矿为主，次要矿物有黝铜矿、斑铜矿、黄铁矿、方铅矿及铜蓝等。

黄铜矿为最重要的矿石矿物，呈铜黄色，自形及他形粒状结构，粒径0.01-0.5毫米，局部呈致密块状。粒状散布状态有两种，一种为与石英、重晶石等细脉伴生，第二种为嵌生于碳酸盐岩石的白云石、方解石粒间，呈具平直边的多边形假晶。镜下有两期黄铜矿，早期与重晶石伴生，晚期与石英伴生，且早期粒度较粗，多与黝铜矿伴生，晚期粒度细，呈脉状产出。

辉砷钴镍矿主要呈自形粒状，粒径0.03-0.05毫米，最大达0.1毫米，其中包含了黄铁矿。少数呈半自形粒状出现，粒径0.03-0.05毫米，其中无黄铁矿。矿区内矿物以前者为主。

闪锌矿常见于细脉充填浸染型矿体，有两期，早期自形粒状，粒径小于1毫米，色较深，后期热液作用下，出现有再生长边，晚期他形粒状，粒度较粗。

黝铜矿多半在破碎带型矿体的富集地段产出，呈他形粒状，粒径0.3-1毫米，个别可达2-5毫米，也有两期，早期与黄铜矿伴生，并稍早于黄铜矿晶出，晚期则包围黄铜矿。

脉石矿物有重晶石、石英、方解石、白云石及铁白云石等。

次生矿物有辉铜矿、孔雀石、自然铜及褐铁矿、赤矾、镍华等。

氧化矿石矿物有孔雀石、兰铜矿、赤铜矿、黑铜矿等。

矿石结构主要有自形及它形不等粒结构，其次为包含结构。矿石构造有角砾状构造、致密块状构造、细脉浸染状构造及条带状构造等。

矿石自然类型主要为原生硫化物矿石。可分为石英-黄铜矿-辉砷钴镍矿石、白云石（石英、方解石、重晶石）-黄铜矿石、石英-黄铜矿-闪锌矿-辉砷钴镍矿等。

表1 铜厂界矿区主要矿体地质特征表

矿体类型		破碎带型								细脉充填型	
矿体编号		I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	VIII	
矿体规模	长 (m)	77.5	36.2	52	14	40	100	22	>76	95	
	厚 (m)	1.14	0.9	1.27	1	2	3.11	2.5	1.42	5.12	
	深 (m)	20.7	30.2	62.5	25	20-30	50	25	25	71.5	
产状	倾向 (°)	297-315	230	255-270	265	162-171	157-190	172	126-130	倾向北西	
	倾角 (°)	60-81	65	72-88	57	20-54	57-80	57	60-70	70-80	
矿物成分	矿石矿物	主要矿物	黄铜矿、黝铜矿、辉砷钴镍矿	黄铜矿、黝铜矿	黄铜矿、黝铜矿、辉砷钴镍矿	辉砷钴镍矿	肉眼未见有用矿物	辉砷钴镍矿、黄铜矿、黝铜矿、	辉砷钴镍矿	黄铜矿	黄铜矿
		次要矿物	斑铜矿、方铅矿、闪锌矿、铜蓝、黄铁矿	黄铁矿	斑铜矿、闪锌矿、黄铁矿	黄铜矿、黄铁矿		方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、镍黄铁矿	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿	闪锌矿、黄铁矿	黝铜矿、斑铜矿、闪锌矿、黄铁矿、辉砷钴镍矿
	脉石矿物	重晶石、石英	重晶石	重晶石、石英、方解石	石英、白云石	方解石、石英	石英、重晶石、白云石、方解石	白云石、滑石、重晶石、方解石、石英	重晶石、石英	重晶石、石英、白云石、铁白云石、方解石	
	次生矿物	辉铜矿、褐铁矿、孔雀石、自然铜、石膏	孔雀石	辉铜矿	钴华（赤矾）		赤矾、铅华、镍华、孔雀石	孔雀石、赤矾	辉铜矿、褐铁矿、孔雀石	孔雀石	
有用组分	Cu最高3.36%、平均1.12%	Cu最高4.46%、平均2.94%	Cu最高14.75%、平均4.30% Co最高0.56%、平均0.13%	C0最高0.17%、平均0.0726%	C0最高0.04%、平均0.03%	Cu最高10%、平均1.845% C0最高1.1%、平均0.16%	Cu最高1.24% C0最高0.28%、平均0.079%	Cu最高0.86%、平均0.58%	Cu最高3.77%、平均0.85%		
	Co最高0.09%、平均0.0253%										
矿物构造	角砾状			碎裂的致密块状	碎裂的致密块状、糜棱状	碎裂致密块状、角砾状	角砾状、侵染、致密块状	角砾状	细脉浸染状、条带状		
围岩	上盘为泥盆系砂岩，下盘为寒武系白云石化灰岩	寒武系白云石化灰岩	寒武系白云石化灰岩	寒武系灰岩	上盘寒武系灰岩、白云质灰岩，下盘板岩	寒武系灰岩、白云质灰岩	上盘寒武系灰岩、白云岩，下盘泥盆系底砾岩	寒武系白云石化灰岩或板岩	寒武系白云岩，具白云石化、硅化		

(三) 围岩蚀变

矿区围岩蚀变整体表现不强，主要为白云石化，次为硅化。白云石化广泛发育于破碎带两侧，有两种形式，其一为白云石沿微裂隙充填呈脉状，其二为将围岩蚀变成白云质灰岩或白云岩。白云石自形、半自形粒状，紧密嵌生，呈齿状花岗变晶结构，从含矿破碎带的围岩绝大多数为白云质灰岩、白云岩以及黄铜矿嵌生于白云石粒间来看，白云石化与矿化关系密切。硅化在区内可普遍看到，但范围不广，近破碎带处较明显，硅化生成之石英，一般为他形粒状。硅化灰岩中石英含量一般10-30%，高者可达50%，甚至90%以上而形成硅质岩（多在矿化富集处）。所以说矿化与白云石化和硅化关系密切。

三、成矿阶段和矿物组合特征

区内黄铜矿-黝铜矿、闪锌矿等，均有早晚两期，各种细脉也系多期生成。

区内石英脉有三期：早期石英颗粒粗，一般大于1毫米。其中含铁白云石、方解石、黄铁矿、黄铜矿等；中期石英脉中成分复杂，有重晶石、白云石、方解石、以及镉、铅、锌的硫化物，切穿或插入早期石英脉中，晚期石英他形粒状，成分单一，有少量白云石，未见矿化。

重晶石脉也有三期：早期颗粒较粗，大多被压碎，镜下具波状消光，中期颗粒较细，呈他形板状晶体，与方解石、石英共生，充填、胶结早期重晶石碎块，或切穿早期伴随之金属矿脉，中期重晶石脉伴随矿化较强，晚期重晶石粒状，切穿中期重晶石脉，未见矿化。

白云石脉有早晚两期：早期与石英伴生，含少量铁白云石及硫化物，晚期为铁白云石脉，切穿早期白云石脉，无矿化。

综上，本区至少有两个成矿期。每一成矿期中的矿物晶出顺序大体按碱性增加的次序进行（表2）。

表2 铜厂界钴铜多金属矿矿化阶段和矿物组合特征表

矿化阶段	矿物组合	特征	矿物酸碱特征	围岩蚀变
早期构造活动				
第一矿化阶段 (早期石英脉、重晶石脉)	石英、白云石、重晶石	结晶粗, 伴随矿化	碱性增加 ↓	硅化、白云石化
	↓ 黄铁矿、白铁矿	自形、半自形柱状、彼此连生		
	↓ 辉砷钴镍矿	自形粒状, 包围黄铁矿 呈骸晶结构		
	↓ 黄铜矿 闪锌矿 斑铜矿 黝铜矿	彼此连生或呈固溶体分离结构及不混溶连生结构, 黄铜矿包围辉砷钴镍矿		
晚期构造活动				
第二矿化阶段 (中期石英脉、重晶石脉)	石英、重晶石、白云石、方解石	早期之重晶石、硫化物被压碎呈角砾状	碱性增加 ↓	再次硅化、白云石化, 产生硅质岩、白云岩
	↓ 辉砷钴镍矿	半自形单晶		
	↓ 黄铜矿 闪锌矿 铜蓝 辉铜矿 斑铜矿	晚期黄铜矿充填胶结, 早期黄铜矿、闪锌矿、铜蓝、石英脉穿过早期矿化 方铅矿包围辉砷钴镍矿, 并溶蚀黄铜矿、闪锌矿		
	↓ 方铅矿 ↓ 黝铜矿	黝铜矿包围黄铜矿		
晚期无矿阶段	石英脉、重晶石脉、铁白云石脉	切穿中期含矿细脉		

**四、控矿因素**

(1) 构造条件: 矿区的矿体(化), 严格受北东向断裂控制。从区域罗翁-陇城大断裂到F5为复合范围, 尤以F1-F4应力最集中, 构造活动强烈, 矿化也最集中。北东或北北东向的压性断裂是导矿构造, 走向北西或北东的张性断裂及走向东西、南北的张(压)扭性断裂为容矿构造。它们控制着矿体的分布。

(2) 岩性(或地层)条件: 钴铜矿化绝大部分产于灰岩中, 板岩, 砂砾岩极少见。F1-F4间为本区矿化集中地段, 但其深部板岩中很少见有矿化, 说明了本区矿化与岩性关系密切。

(3) 围岩蚀变条件: 矿体绝大多数在白云岩或白云质灰岩中, 硅质岩、白云岩是矿化富集的标志。

**五、矿床成因**

铜厂界铜钴多金属矿床地处罗翁-陇城区域性深大断裂下盘, 深大断裂及超铁镁质岩浆(陇城基性-超基性岩带沿断裂发育)等多期次活动, 为成矿提供了有利的构造、岩浆岩、矿源等有利条件, 其次区内寒武系板岩含铜、钴较高, 尤其是底部炭质板岩段中含铜高。北东向大断裂构造活动产生的高压、高温, 使其中的硫、铜、钴等组分熔融析出, 与水组成含矿热液, 并在压力作用下, 沿压性断裂上升、迁移。迁移过程中, 在后期多次热液叠加改造作用下, 成矿物质Co、Cu等元素组分, 随着温度降低, 又遇压力减小(如在张性断裂

中), 碱性增大(如在灰岩中)等适宜的物理化学环境, 含矿热液中的铜、钴等有用组分在裂隙发育的寒武系中统白云质灰岩构造有利部位, 逐步沉淀成矿, 形成铜厂界式中低温热液型铜钴矿床。

**参考文献**

[1] 刘彬, 王银宏, 王臣, 等. 中国钴资源产业形势与对策建议[J]. 资源与产业, 2014, 16(3): 113-119.

[2] 王辉, 丰成友, 张明玉. 全球钴矿资源特征及勘查研究进展[J]. 矿床地质, 2019, 38(4): 739-750.

[3] 于晓飞, 公凡影, 李永胜, 等. 中国典型钴矿床地质特征及重点地区矿产资源预测[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(5): 1377-1418.

[4] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1997.

[5] 赵俊兴, 李光明, 秦克章, 等. 富含钴矿床研究进展与问题分析[J]. 科学通报, 2019, 64(24): 2484-2500.

[6] 颜志强, 李荫中, 唐威源, 等. 湖南省钴矿床主要成因类型及矿床模型[J]. 智慧地球, 2020, 12: 61-62.

资助项目: 湖南省省级财政出资地质勘查项目(项目名称: 湖南省钴矿成矿远景区划和选区, 编号: 2023001)。

作者简介: 梁玉明, 男, 1984年生, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与地质科研工作。