

为钠长石锂辉石型伟晶岩。因此,如地表出露微斜长石型或微斜长石钠长石型伟晶岩时,若本身不含矿,在其下部不可能有钠长石锂辉石型伟晶岩存在,可以对该脉作出否定的评价。

第五,在花岗岩侵入体四周的接触变质岩石中,有锂、铍等稀有元素原生分散晕,这种原生分散晕呈带状分布,亦和各类型伟晶岩的带状

分布相吻合。在一条伟晶岩脉中,也有一定宽度的近脉蚀变带存在,产生明显的Be或Li、Rb等原生分散晕,其宽度由十余米到百余米,指示出含矿伟晶岩脉的具体产出部位。因此,利用稀有元素原生分散晕带状分布规律,来寻找隐伏的稀有元素伟晶岩矿床,也是非常有效的。

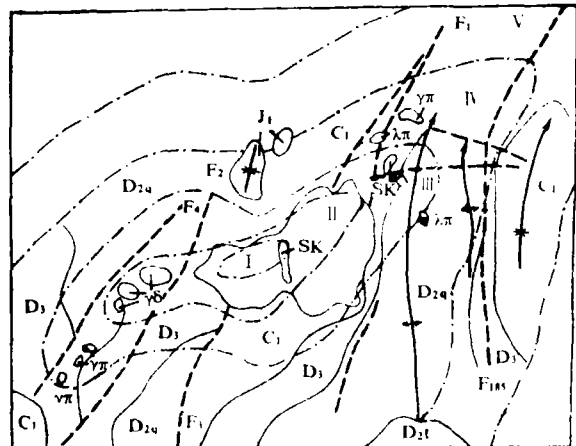
铜山岭多金属矿田的 若干地球化学特征

湖南冶勘206队 吴守福

铜山岭多金属矿田位于江南古陆东南侧,湘桂粤褶皱带内。区内出露地层为石炭系一中泥盆统浅海相碳酸盐建造。燕山早期花岗闪长岩呈岩株状分布于矿田中部,与上述地层呈整合接触。环绕岩体外接触带有石英斑岩、花岗斑岩、长英岩等岩脉。

矿床类型及其特征 表1

矿床类型	接触带夕卡岩型	层状夕卡岩型	石英硫化物型	接触带黄铁矿型	破碎带铅锌矿型
规模	小—中型	小型	小型	小型	小型
埋深(米)	50~100	150~400	0~200	200~600	50~600
形态	似层状、透镜状	似层状	脉状	似层状、透镜状	不规则
矿物组合	黄铜矿、石榴石、透辉石	黄铜矿、透辉石、石榴石	黄铜矿、石英	磁黄铁矿、黄铁矿、方解石	闪锌矿、方铅矿、方解石
组 分	主要	S、Fe、Pb、Zn、Cu	S、Fe、Cu、Pb、Zn	S、Fe、Zn、Pb	S、Fe、Zn、Pb
	次要	Ag、Bi、Cd、W、Mo、Se、Te	Ag、Bi、Cd、W、Se、Te	Ag、Cd、W、Tl	Ag、Cd、In



- | | |
|----------------------------|---------------|
| D _{2t} 中泥盆统砂岩 | λπ 花岗斑岩 |
| D _{2q} 中泥盆统灰岩、白云岩 | SK 夕卡岩 |
| D ₁ 上泥盆统泥质灰岩、灰岩 | — 地质界线 |
| C ₁ 下石炭统灰岩 | — 同斜轴 |
| J ₁ 下侏罗统 | — 背斜轴 |
| γδ 花岗闪长岩 | — 断层及编号 |
| λπ 石英斑岩 | — 矿物元素组合分带及编号 |

本区岩体及岩脉与北北东向新华夏系及其次级断裂、褶皱关系密切(图1)。石英硫化物脉及夕卡岩脉赋存于外接触带灰岩裂隙中。矿化蚀变分带明显,水平与垂直方向均呈顺向分带。矿体多为盲矿体(标高0~400米),地表仅见少量硫化物细脉。矿床类型见表1。

矿区地球化学特征

1. 元素的丰度 区内Cu、Pb、Zn三个主要成矿元素均达工业要求,伴生元素Ag、Cd、Bi、Se、Te也可综合利用,Mo、Tl、In、Au有待进一步研究。

为查明矿区各元素的分配规律,对不同类型矿石主要成矿元素。作了定量分析,伴生元素作了组合样多元素化学分析(表2)。

此外,在外接触带灰岩中采样176个,作比色分析,在内接触带岩体中采样88个作光谱分析,得表3。

不同类型矿石元素平均含量

表 2

矿 石 类 型	主 要 元 素 , %				伴 生 元 素 , %										
	样数	Cu	Pb	Zn	组合	Ag	Cd	Bi	Te	Se	W ₀₃	Mo	Tl	In	Au
					样数	(g/t)									(g/t)
接触带夕卡岩型	8	0.52	1.57	0.71	10	44	0.0045	0.05	0.006	0.0013	0.096	0.017	0.00014	0.00006	0.42~0.61
层状夕卡岩型	21	1.38	1.20	1.03	15	81	0.0055	0.13	0.0011	0.0021	0.071	0.004	0.00012	0.00018	0.32~0.34
石英硫化物型	21	2.28	1.89	1.36	32	118	0.0082	0.17	0.0014	0.0032	0.060	0.007	0.00086	0.00013	0.36~0.42
接触带黄铁矿型	1	0.11	1.62	4.36	12	46	0.0143	0.008	0.0006	0.0007	0.036	0.001	0.00143	0.00032	0.24~0.70
破碎带铅锌矿型	3	痕	1.14	11.04	24	195	0.0435	0.003	0.0003	0.00004	0.010	0.0001	0.00022	0.00125	0.31~0.45

金属元素在岩石中的含量 (ppm)

表 3

岩性	Cu	Pb	W	Sb	As	Ag	Mo	Mn	Bi	Zn
铜山岭地区灰岩平均值 (A)	22	66	10	13	23	0.6	6	240		
涂里千和费得波值 (B)	30	9	0.6	0.15	1		3	1000		
A/B	0.66	74	16.6	86.6	23		2	0.24		
铜山岭岩体平均值 (C)	123	304	68		352	1.11	16	748	39	182
维诺格拉多夫值 (D)	35	15	1		2.4	0.07	0.9	1200	0.01	72
C/D	3.5	20	68		146	15	17	0.62	3900	2.5

成矿期及其特征元素表

表 4

矿物、元素特征	夕卡岩期	热液期		
	夕卡岩阶段	石英硫化物阶段	硫化物石英阶段	碳酸盐阶段
形成矿物	主要有硅灰石、石榴石、透辉石; 次要有磁黄铁矿、毒砂、白钨矿、辉钼矿	主要有石英、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、铅铋矿; 次要有辉钼矿、白钨矿、绿泥石、方解石	主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、铅铋矿、石英; 次要有方解石	主要有方解石、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、硫锑铅矿、辉锑矿; 次要有雌黄、雄黄
成矿特征元素	W、Mo、As (成矿热液对Ca、Mg、Al、Si进行碱质交代)	Cu、Pb、Zn; 伴生Bi、W、Mo、As、Ag、Cd、Se、Te、Au (成矿溶液呈弱碱性, 交代作用减弱)	Cu、Pb、Zn; 伴生Bi、Ag、As、W、Mo、Cd、Se、Te、Au	Pb、Zn、Sb; 伴生Ag、As、Cd、Au (成矿溶液呈酸性, 温度下降)

在外接触带灰岩中Cu、Mn含量相对分散, As、W、Pb、Mo相对集中; 集中程度为Sb As>W Pb>Mo。在内接触带岩体中Mn相对

分散, 其他元素相对集中; 集中程度为Bi As>W Pb>Mo Ag>Cu Zn。

2. 成矿阶段与特征指示元素 大致可划分

浓度分带下限值 (ppm)						表 5
元 素	Cu	Pb	Ag	As	Sb	Cd
背景值	22	27	0.6	27	5	0.5
外带值	44	54	1.2	54	10	1
中带值	176	216	4.8	216	40	4
内带值	704	864	19.2	864	160	16

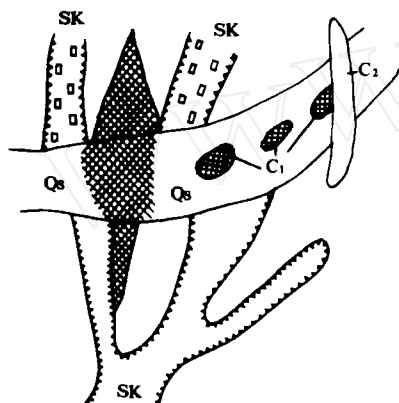


图 2 成矿阶段示意图

Sk—夕卡岩；S—硫化物；Qs—石英硫化物；

C₁—团块状方解石；C₂—方解石脉

为两个成矿期，四个成矿阶段（图 2，表 4）。

3. 元素原生晕发育特征 按照各元素背景值的 2、8、32 倍计算，将原生晕的浓度划分为内、中、外三个带，其浓度带下限值如表 5。东区的接触带夕卡岩型、层状夕卡岩型、石英硫化物型矿体内带成矿元素以 Cu、Pb、Zn 为主，中带为过渡带，外带为 As、Sb。层间夕卡岩型和接触带夕卡岩型矿体 Ag、Cd 主要赋存于方铅矿及闪锌矿中，形成于内带。石英硫化物脉型矿体中 Ag 多在中带或外带。As、Sb 在近矿围岩中含量高。

本区构造控矿明显，F₁ 含矿断裂由近矿（内

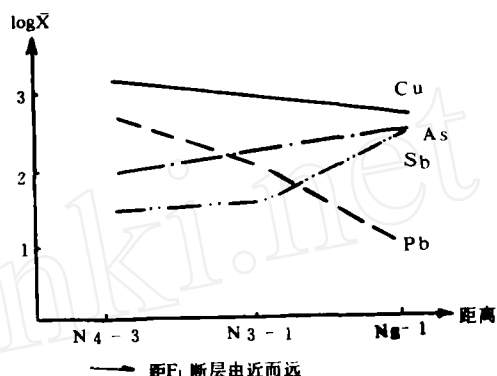


图 3 Cu、Pb、As、Sb 变化趋势

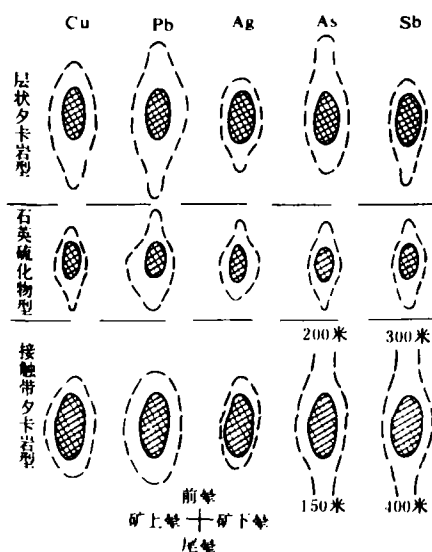


图 4 不同类型矿床原生晕发育模式图

带）至远矿（外带）Cu、Pb 含量减低，而活动性大的 Sb、As 含量变化相反（图 3）。成矿溶液活动方式以渗流作用为主。区内矿上晕与矿下晕差异不明显，前晕与尾晕较矿上下晕发育。据东区几个钻孔原生晕统计，晕的范围列表 6，原

晕 的 分 布 范 围 (米)												表 6				
矿床类型	层 间 夕 卡 岩 型						接 触 带 夕 卡 岩 型					石 英 硫 化 物 型				
元 素	Cu	Pb	Ag	As	Sb	Cd	Cu	Pb	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Ag	As	Sb
矿上晕	16	16	10	4	6	8	20	30		20	10	15	30	15	10	10
矿下晕	16	30	16	20	10	30	15	20		15	15	10	20	20	10	15
前 晕	50	80	20	100	20	20	30	40	30	200	300	30	60	50	40	40
尾 晕	80	100	50	50	80	80	30	40		150	400	50	50	30	50	50

生晕发育模式见图4。

4. 矿床分带特征 受岩体支配矿区水平与垂直分带均显顺向分带。在东区由深部至地表,矿物成分、围岩蚀变、成矿温度显示由高温而低温(表7)。在北区以100米标高为界,上部Pb组分浓度(平均8.6%)明显大于Zn(平均5.1%),下部相反(Zn平均浓度10%,Pb平均2.3%,图5)。在水平上,以西区岩体为中心向外,可划分为五个带(见图1,表8)。东区是矿化浓集中心,北区次之,南区更次之。金属矿化强度以第三带浓

度最高,元素组合复杂,第一、五带矿化弱,元素组合简单(图6)。

5. 伴生元素的主要载体 对不同类型矿石中单矿物进行了光谱和多元化学分析(表9)。闪锌矿纯度90%±,其他单矿物纯度>95%。

Ag 为区内主要伴生元素,各类型矿床中均有,以层状夕卡岩型方铅矿中含量最高(4800g/t)。Ag、Pb关系密切,其相关系数为0.75~0.99。

Cd 主要赋存于闪锌矿中,以石英硫化物型

东区矿物与蚀变的垂直分带					表 7
猫 崽 湾	标高,米	矿 物 成 分		蚀 变	
		金 属 矿 物	脉 石 矿 物		
地 表	300~330	方铅矿、黄铜矿、黄铁矿	石英、方解石	硅化、大理岩化	
坑 道	180	黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、铅铋矿、毒砂	石英	大理岩化、硅化、夕卡岩化	
钻孔(接触带)	0~50	磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂	石榴石、透辉石、硅灰石	夕卡岩化	

水 平 分 带 特 征					表 8
分带号	矿 物 组 合	元 素 组 合	指示矿物与元素	形成温度	
1. 内 带	黄铁矿、磁黄铁矿、白钨矿、辉钼矿、黄铜矿	S、Fe、W、Mo、Cu	白钨矿, W	高 温	
2. 内中带	黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	S、Fe、As、Mo、Cu、Pb、Zn	毒砂, As	中高温	
3. 中 带	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、毒砂、铅铋矿、辉钼矿、硫锑铅矿	S、Fe、Cu、Pb、Zn、As、Bi、Mo、Sb	黄铜矿, Cu	中 温	
4. 中外带	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、硫锑铅矿	S、Fe、Pb、Zn、As、Sb	方铅矿、闪锌矿, Pb、Zn	中低温	
5. 外 带	黄铁矿、辉锑矿、毒砂	S、Fe、Sb、As	辉锑矿, Sb	低 温	

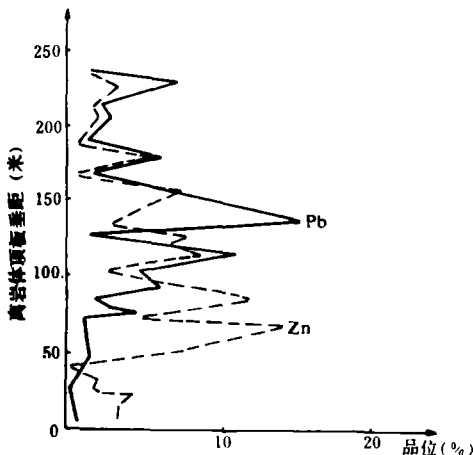


图5 Pb、Zn品位垂直变化

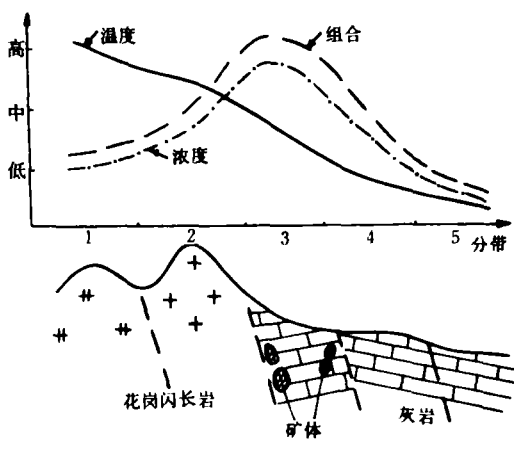


图6 水平分带示意图

矿床的闪锌矿中含量最高 (0.87%)。Cd、Zn关系密切, 其相关系数为0.47~0.99。

Bi 主要赋存于铅铋矿及方铅矿中。电子探针分析, 铅铋矿含Bi72.2%、Pb24.5%、S3.1%。石英硫化物型矿床方铅矿中含铋达19%。

Se、Te 主要赋存于方铅矿中, 闪锌矿次之, 黄铁矿、毒砂中亦含一定量。

Tl 主要赋存于黄铜矿中, 毒砂次之, 黄铁矿, 磁黄铁矿中亦含一定量。

In 主要赋存于闪锌矿中, 方铅矿次之。

W、Mo、As 分别呈白钨矿、辉钼矿和毒砂三种独立矿物形式产出。

矿床类型	元素	分析结果、%					
		黄铜矿	方铅矿	闪锌矿	黄铁矿	毒砂	磁黄铁矿
石英硫化物型	Ag*	27.4	40.50	50			
	Bi	0.024	19.00	0.44			
	Cd	痕	痕	0.87			
	Se	0.009	0.107	0.0063	0.0048	0.0079	
	Te	0.0084	0.0342	痕	0.00084	0.0334	
	Tl	0.005		0.0063			
	In						
层间夕卡岩型	Ag*	184	4800	610			
	Bi	0	5.5	0.22			
	Cd		0.0087	0.43			
	Se	0.047	0.1168	0.011			0.0133
	Te	0.015	0.23	痕			痕
	Tl	0.0075					
	In			0.0083			
接触带夕卡岩型	Ag*	765	4185	780			
	Bi	0	1.55~3.25	0.60			
	Cd	0.17	0.143	0.62			
	Se	0.0052	0.48	0.015	痕		
	Te	痕		0.047		0.0007	
	Tl	0.069			0.0084	0.042	0.008
	In			0.00135			
接触带黄铁矿型	Ag*		2237	1066			
	Bi		0				
	Cd			0.425			
	Tl				< 0.001		0.001
	In		0.0006	0.026	< 0.0001		0.0003
破碎带铅锌矿型	Ag*		2894	40			
	Bi		24				
	Cd			0.425			
	Se		0.017	0	0		0
	Te		0.00238	0	0		0.001
	Tl				< 0.001		0.001
	In		0.0018	0.0072	< 0.0001		0.001

* Ag单位: g/t。

上述表明, 伴生元素组分最复杂的矿物是闪锌矿, 其次是方铅矿、黄铜矿。以Cd为主的Cd、Ag、Bi、Se组合指示闪锌矿存在; 以Ag为主的Ag、Bi、Se、Te组合指示方铅矿存在; 以Tl为主的Tl、Ag、Se组合指示黄铜矿为主。

6. 成矿物质来源 根据岩体中成矿元素的丰度、矿体与岩体的时空关系、元素组合分带及硫同位素组成特点, 我们认为成矿物质来源于花岗闪长岩体。

花岗闪长岩体中成矿元素的平均含量比同类正常岩石高数至上千倍, 比灰岩高数至数十倍 (图7)。矿床与岩体关系密切, 形成有规律的分带。不同类型矿床的硫同位素偏离值不大, 接近陨硫硫。 δS^{34} (‰) 皆为小正值, 变化范围小。黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿等的 δS^{34} 值亦显示S来自花岗岩浆 (表10)。电子探针分析, 夕卡岩型和硫化物型矿床之矿物包裹体普遍含Re、Os、Ir、Pt, 这些元素一般在沉积岩中不易检出。

7. 成矿与成晕过程的地球化学 如前所述, 本区花岗闪长岩体是铜山岭矿田的成矿母岩, 北东向的断裂控制着区内金属矿化的分布。锡矿山组底部泥质灰岩, 易于交代形成含矿夕卡岩; 是成矿、成晕的良好围岩。

在岩浆期后热液活动中, 成矿元素的析出顺序是: W、Mo、As、Bi、Cu、S、Pb、Zn、Ag、Au、Sb、Cd、Tl、Se、Te。早期 (夕卡岩型) 析出以W、Mo、As为主, 中期 (热液期) 以Cu、Pb、Zn、Ag为主, 晚期 (热液末期) 以Sb、Pb、Au、Ag为主。

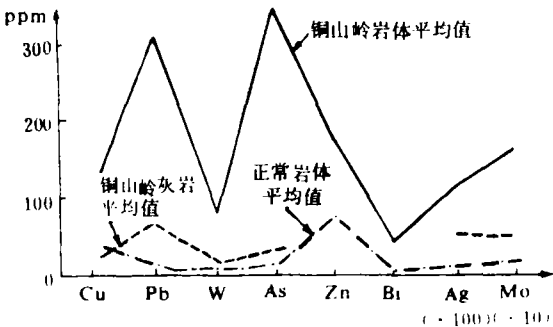


图7 岩石元素平均值对比图

不同类型矿床的硫同位素组成 表 10

矿床类型	矿 区	样 号	矿 物	测定结果	
				δS^{14}	S^{32}/S^{34}
石英硫化物型	猫崽湾	1—1	黄铜矿	3.8	22.136
		1—2	方铅矿	2.6	22.163
接触带夕卡岩型	"	S—1	黄铜矿	3.3	22.148
		S—2	闪锌矿	2.9	22.156
层间夕卡岩型	背后山	14—5	黄铁矿	2.6	22.163
		14—5	方铅矿	1.8	22.179
		14—5	闪锌矿	2.8	22.158
		14—5	黄铜矿	3.1	22.152
破碎带铅锌矿型	北 区	3	方铅矿	1.0	22.197
		4	磁黄铁矿	2.4	22.167
	南 区	b ₅ —S ₁	磁黄铁矿	3.1	22.152
		b ₆ —S ₂	方铅矿	1.9	22.177
		b ₇ —S ₃	闪锌矿	2.6	22.163

在成矿、成晕过程中,金属阳离子对硫、氧的争夺明显。不同成矿阶段有不同化合物生成(见表4)。金属硫化物主要在硫化物石英阶段大量析出,成矿作用是在高硫低氧的条件下进行的。

随着成矿作用温度、压力、组分浓度, pH及 Eh 值的变化,产生了如下矿化组合分带:

内带组合元素: W、Mo、Co;

内中带组合元素: As、Mo、Cu、Pb、Zn;

中带组合元素: Cu、Pb、Zn、As、Bi、

Mo、Sb;

中外带组合元素: Pb、Zn、As、Sb ;

外带组合元素: Sb、As。

综上所述,可得出以下几点认识

1.本区矿床主要围绕铜山岭花岗闪长岩体的内外接触带分布,并受一定的构造、地层条件控制。从高温至低温,成矿元素组合分带明显,以中带矿化最强,成矿组分复杂。

2.岩浆及其期后热液对围岩选择交代明显,金属硫化物在硫化物石英阶段大量析出,各阶段成矿指示元素清楚。不同矿床(化)类型的特征元素组合指示各异。

3.不同类型矿床中各元素原生晕的发育程度或迁移距离显示,本区前晕和尾晕较发育、As、Ag、Sb可作为前晕找矿指示元素。

实践表明,本区应用地球化学方法找矿效果良好。已知15处规模较大、强度较高的化探原生晕异常,经地质深部评价,6处见一定规模的工业矿体,6处见小矿体,2处见矿化,1处正在进行深部评价。

卡林型金矿成因类型探讨

冶金部地质研究所 刘东升

卡林型金矿是60年代在美国内华达州发现的一种新的金矿类型,亦称浸染型金矿或含金碳酸盐矿床。属于该类型的金矿床除卡林外,尚有内华达州的格彻尔(Getchell)、科特兹(Cortez)、金亩(Gold Acres)、曼哈顿(Manhattan)、布特什拉甫(Bootsrap)等和犹他州的默库里(Mercur)。卡林型金矿的发现被称为美国矿业史上的“一个轰动性事件”,其产量已跃居美国金矿的第二位。此后,在澳大利亚、多米尼加、西班牙和苏联等国也相继发现了卡林型金矿。特别是在新西兰魏斯堡沉积岩中发现的该类型矿床,规模很大,品位极高(金达85克/吨,

银500克/吨)。卡林型金矿已成为有远景的重要的金矿类型。卡林型金矿找矿的难度较大,主要原因是:金的粒度特别细,大部分为显微($200\sim 0.5\mu$)及次显微粒状($< 0.5\mu$),不仅肉眼看不见,有的甚至在显微镜下也难以观察到,又不能通过重砂取样发现;矿体中硫化物很少超过5%,矿石不易辨认,矿体与围岩界线不清楚,需通过取样圈定;矿床常为浅埋藏的盲矿体,不易发现。因此,研究卡林型金矿的成因类型,查明其生成的区域地质背景和成矿条件,对于指导找矿有着重要的意义。