

试论变质岩铜矿成矿物质的多源性及变质成因分类

李家珍 吴健民

确定矿床的成因,必须研究矿床成矿作用的特征及其规律。成矿物质来源是成矿作用的首要条件,是内因。变质岩铜矿成矿物质来源、搬运形式和演化过程一直受到广大地质工作者的重视,并从不同角度进行着研究和探讨。目前,这个问题还处于推理阶段。本文就变质岩铜矿成矿物质的多源性及矿床变质成因类型的划分作初步探讨。

变质岩铜矿成矿物质的多源性

随着探矿、采矿与科研工作的发展,对变质岩铜矿成矿物质来源和成矿规律的认识也在不断深化。五十年代及以前,认为这类矿床成矿物质来源于地幔层,是由岩浆分异作用形成的中温热液细脉浸染层状铜矿床。六十年代,在同生理论的影响下,认为该类矿床是由古陆剥蚀—搬运—再沉积形成的沉积变质矿床;应用同生沿层找矿的观点,曾推动了当时的找矿工作。七十年代以来,由于新技术的应用,火山成矿论的兴起,又提出了该类矿床是由古海底火山作用提供物质来源的火山—沉积变质矿床。

综合现有资料,我们认为变质岩铜矿成矿物质来源是多样的,成矿过程也是多种地质作用和多阶段叠加的结果。现综述如下:

1. 古火山源

应用硫同位素和钴镍比值的资料,结合含矿岩系岩石、矿化特征(主要是含矿岩系中火山质岩类的分布),可以作为阐明古火山作用成矿的依据。

(1)火山岩类 含矿岩系中发现火山岩类和火山碎屑沉积变质岩类存在,并受含矿层位的岩石组合和岩性序列控制,显示出火山质岩类与铜矿同阶段沉积成因的特征。大多数变质岩铜矿区铜矿化发育,在距喷发中心区较远的海底火山喷发的偏酸性火山灰与陆源沉积物交替过渡的部位,如中条山、东川、易门及通安地区的铜矿床。有的矿区含火山质岩类地层多次出现,并常伴有多层矿化;也有少数矿区铜矿化发育在海底火山喷

发的偏基性火山岩与陆源沉积岩交替过渡的互层带之副岩系中,如红透山和霍各气铜矿床。成矿物质由火山喷发或喷溢作用带来,铜元素以离子状态依附于火山灰载体或通过火山气液作用逸入水域运移。由于搬运过程中物理化学条件的变化和沉积古地理条件的影响,在远离火山口的地方铜质或者与火山灰及其混杂的陆源碎屑一起沉淀,或者铜质脱载与火山灰分离而在正常沉积物内沉淀。

(2)硫同位素数值特征 由表1可见与古火山岩型铜矿相类似,显示内生特征,结合变质岩铜矿床形成过程在沉积作用阶段有火山作用参与的现象,认为成矿物质由古火山作用带来。

(3)变质岩铜矿硫化物中钴镍和硫硒含量及其比值特征(表2) 硫化物中钴含量通常大于0.04%, Co/Ni比值大于1, S/Se比值小于或近于20000而远远小于200000,表明金属元素和硫为内生源。因此,认为变质岩铜矿中成矿元素也是由古火山作用提供的。

2. 古陆剥蚀源

(1)在变质岩铜矿床分布区,矿化带及其附近未发现古火山作用的迹象,但在分布区附近或含矿岩系下部有古老的矿化层存在。如江南古陆上板溪亚群层位控制的变质岩铜矿床和矿化点群,贵州地虎、九星、甲路等铜矿床,围绕着吉羊岩体外围的板溪下亚群(九龙群或四堡群)周围分布;五台地区溇沱群神仙瑙和南大贤段底部控制的变质岩铜矿化沿着太古界五台群的南部分布。这类矿区成矿物质来源认为是下板溪九龙群或四堡群和太古界五台群古老地层铜矿化层剥蚀搬运再沉积形成的。

(2)前述许多变质岩铜矿区含矿层附近有火山质岩类伴生,古火山作用提供了成矿物质,但应指出其附近的古陆也是成矿物质来源之一。川滇地区的东川、易门和通安,中条山地区的胡家峪、篦子沟,内蒙狼山地区的霍各气等变质岩铜矿区,其附近的古陆剥蚀均可能提供部分成矿物质。

变质岩铜矿床硫同位素组成特征(%)

表 1

地 区	δS^{34} 组成变化范围	变化绝对值	众 值	说 明	
东 川	-4.3~14	17.3	不明显	硫化物中硫来源的多样性及沉积作用的特点	
易 门	多数+10~-0.2	24.7	"	硫同位素稳定,显示内生特征	
	少数-7.9~16.8			显示与陆相砂岩铜矿硫同位素组成一致	
	特征层富集 S^{32}	生物还原海水, 硫盐参与			
胡家峪-篦子沟	-0.3~31.6	20	8.8~16.8	硫来自内生作用	
狼 山	炭 窑 口	14.6~31.6	46.2	22.8~27.6	古海水硫源
	东 升 庙	-0.6~27.4	28	16.3~21.6	
	霍 各 气	-3.6~13.8	17.4	6.4	内生硫源
红 透 山	-1.1~1.9	3		内生硫源	
李 伍	-1.7~7.3	9	4.3~6.1	内生硫源	

变质岩铜矿硫化物中钴、镍和硫、硒含量及比值表

表 2

矿 区	硫 化 物 中				
	Co %	Ni %	Co/Ni	Se %	S/Se
东 川 铜 矿	0.05~0.067	0.027~0.048	1.25		62225
易 门 铜 矿	0.104~0.987	0.003~0.055	83.71		
中条山胡	0.129	0.077	1.66	0.0073	7910
条带型矿石					
家峪-篦					
子沟铜矿	0.34	0.067	5.06	0.018	5052
子沟铜矿	0.263	0.115	2.3	0.0382	3391
中条山横岭关铜矿			0.48~3.47		1433~14575
李 伍 铜 矿	0.029~0.307	<0.001~0.012	5.66~104	0.0018	28605
红 透 山 铜 矿	0.89	0.001~0.023	3.87~89		20656~74643
树 基 沟 铜 矿	0.08~0.506	0~0.004	9~>100	0.0013	38738
狼 山	炭窑口铜矿	0.055~0.25	0.005~0.027	2~23.57	
	东升庙铜矿	0.065~0.292	0~0.004	16~>292	

①变质岩铜矿分布与古陆地理环境的关系: 中条山地区变质岩铜矿胡一篦铜矿带明显地沿着下元古剥蚀古陆边缘展布。古陆老地层中分布有铜矿峪式铜矿, 绛县群横岭关式变质岩铜矿, 涑水杂岩中各类型铜矿, 如虎坪、白峪口和洞沟小型铜矿。长期剥蚀后可以提供成矿物质(图1)。

川滇地区昆阳群层位控制的变质岩铜矿分布区明显沿元谋-红山古陆和西昌-盐边古陆之南东展布(图2)。

古陆为一套含铜变钠质火山岩系, 在下昆阳群和河口组, 有拉拉厂式和大红山式火

山岩型铜矿床分布。

内蒙狼山-渣尔太山变质岩铜矿带, 沿着南部太古界片麻岩系展布(图3)。

②古陆剥蚀直接证据: 下昆阳群主要含矿层位落雪组中有沉积碎屑状铜矿物, 是陆源剥蚀再沉积的直接证据。

据有关资料: 东川铜矿落雪、因民地区的过渡层(落雪组底部)中偶见含辉铜矿的石英长石碎屑, 泥质中亦发现少许斑铜矿碎屑; 在因民过渡层中见到黄铜矿和硅质细条沉积后又被水轻微动荡破坏而形成毛发状构造^[2]。黎功举曾述及易门矿区落雪组白云

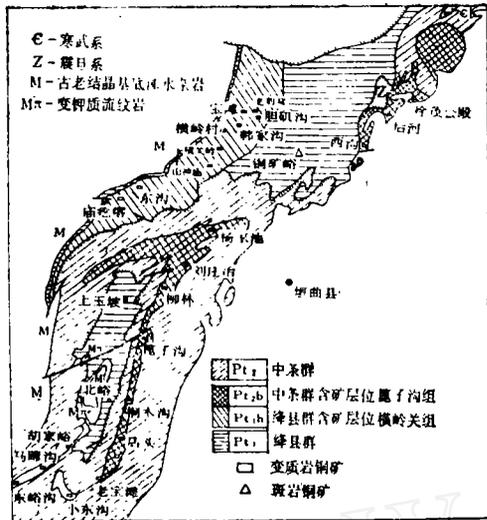


图1 中条山地区元古界中条群、绛县群层位控制的变质岩铜矿分布图

岩中有铜矿砾石存在。铜矿砾石为斑铜矿，呈斑点及团块状产于粉砂岩、白云岩砾块中。砾石呈偏圆形次棱角状，似瓢砾沿层排列，大小一般为0.1~0.5厘米，大者为1厘米^[3]。

3. 硫酸热卤水成矿 在变质岩铜矿床的形成过程中，硫酸热卤水活动主要发生在成岩作用、变质作用及以后的地质作用中。成矿物质主要来自地层围岩。在一部分变质岩铜矿床中，含矿层内见有大量石膏存在。狼山东升庙和炭窑口铜矿床含矿层及附近发育有硫酸盐和碳酸盐类矿物；东川的因民和白锡腊矿床含矿层落雪组中沿层分布有硬石膏晶体。这种板柱状硬石膏晶体穿插层纹又被层纹包绕，说明成岩早期蒸发作用明显，铜矿主要沿层与石英球粒共生，部分交代硬石膏晶体而成假象的镶边^[4]。部分矿石为浸染状、角砾状、脉状和交代残余等构造。这些矿区可能存在硫酸热卤水成矿作用。

在沉积作用过程中，水盆盐度增高，形

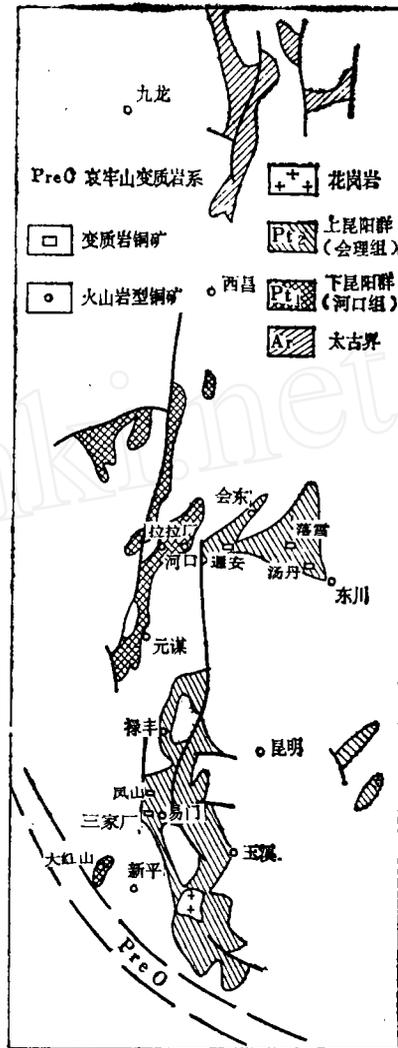


图2 川滇地区上昆阳群层控铜矿分布图

成结晶白云岩、硬石膏、重晶石等岩层；岩石孔隙是残余卤水聚集和储存的地方。随着成岩作用、区域变质作用及构造作用的演化过程，残液卤水沿构造弱化带经流与金属成矿物质形成含矿硫酸卤水，在有利的构造部

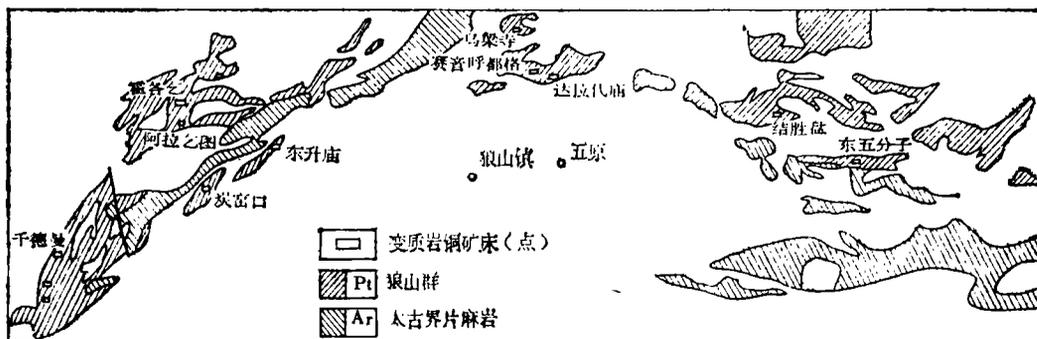


图3 内蒙狼山地区狼山群层位控制的铜矿分布图

位和适宜的环境下沉淀形成铜矿层，其成矿物质来自围岩地层。

综上所述，变质岩铜矿床成矿物质来源因地区和矿床不同而异，并非某种单一来源。矿床形成的地质作用是复杂和多样的，过程也是漫长的，相应的各个地质作用阶段都可能成矿物质参与。因此，我们认为变质岩铜矿成矿物质来源是多源的。对于一个具体矿床来说，可以是某种来源为主而其他来源仅属次要或很次要地位；也可能是某两种成矿物质来源都很重要。

现就变质岩型铜矿的硫同位素组成特征（表1）作一初步分析：内蒙狼山地区的炭窑口和东升庙矿区硫同位素组成是： δS^{34} ‰变化范围大，以富集重硫同位素为特征，且 δS^{34} 的正值很大，反映古海水硫源的特征；结合矿床地质情况，含矿岩系未发现火山质岩类，矿层中含有大量重晶石硫酸盐矿物，说明成矿物质为非火山源的可能性较大。我们认为狼山地区前山矿化带变质岩铜矿床成矿物质来源为古陆剥蚀和硫酸热卤水活动成矿。

易门铜矿区少数矿段， δS^{34} 为 $-7.9 \sim 16.8\%$ ，众值不明显，显示出部分硫源为外生特征；东川铜矿区 δS^{34} 为 $-4.3 \sim 14\%$ ，众值也不明显，显示硫源的多样性。东川和易门铜矿区具有下列地质特征：①上昆阳群层位控矿的铜矿床物质成分受周围剥蚀区岩石种类的制约。主要含矿层——落雪组中可找到周围剥蚀古陆岩系的岩屑和矿屑，落雪组中存在碎屑状铜矿物质；②含矿层——落雪组白云岩层中迭层石发育，生物成因的硫源也是存在的；③东川的因民和白锡腊矿床，落雪组中沿层分布有硬石膏晶体，说明在成岩

早期水盆地含盐度较高。因此，我们认为川滇地区变质岩铜矿床成矿物质来源是多源的。其来源一是古火山作用成矿；二是元谋—红山古陆剥蚀源；三不能排除硫酸热卤水活动成矿。究竟哪种成矿物质来源是主要的，对具体矿床需作具体分析。

深变质地区硫同位素组成，红透山 δS^{34} 为 $-1.1 \sim 1.9\%$ ，李伍铜矿为 $-1.7 \sim 7.3\%$ ，显示内生硫源。应该考虑这可能是区域变质作用和混合岩化作用过程对硫同位素产生均匀化的影响。

变质成因分类

矿床类型划分的意义在于研究矿床形成及演化的规律，便于实际找矿应用。变质岩铜矿形成过程主要经历三个地质作用阶段（表3）。

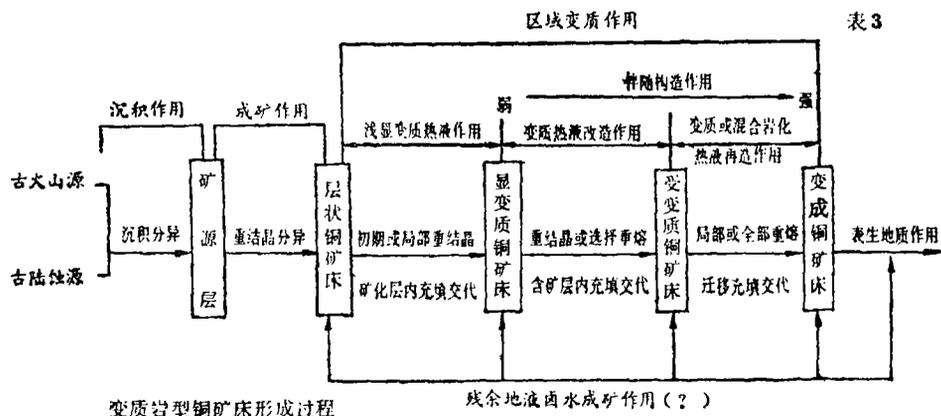
沉积作用阶段，形成矿源层，铜质有一定程度的富集。

成岩作用阶段，层状铜矿床基本形成，它决定了矿带范围内铜矿床或矿体的存在和分布。

变质作用及伴随构造作用阶段是造成铜矿床或矿体的局部贫化或富集，决定铜矿床中富矿的赋存部位，从而形成显变质、受变质和变成矿床。各类变质岩型铜矿床特征见表4。

1. 显变质矿床

轻微变质和显变质阶段岩石组分发生重结晶，是区域变质作用的初期变化。随着重结晶现象由不明显到普遍，沉积岩内相应产生变质矿物和变质细脉网脉生成，粘土质大多变成绢云母和水白云母，碳酸盐初期重晶或局部重晶，并有铜质短距离的运移。这类矿床



变质岩型铜矿床变质成因类型划分及特征

表4

特征 类型	控矿地质因素	矿体特征	矿石结构构造	品位变化	金属矿物共生组合	矿床实例
显变质矿床	矿床受地层岩相控制,变质作用、后期构造作用很不明显	矿体呈规整的层状、似层状,厚度沿走向、倾向稳定	矿石呈条带、层纹、浸染状构造	Cu<1%,走向、倾向变化稳定	斑铜矿—辉铜矿—黄铜矿组合,黄铜矿—黄铁矿—斑铜矿组合为主	东川落雪、石将军、因民、四棵树,易门铜厂,老厂等
受变质矿床	矿床受地层岩相控制,并受区域变质热液作用改造,构造控矿作用不甚明显	单个矿体形态简单,矿体群呈瓜藤状延展,沿走向、倾向较稳定	矿石呈细脉散点,浸染状构造	Cu 1%左右	黄铜矿—闪锌矿—方铅矿组合,黄铜矿—闪锌矿—辉钴矿组合为主	中条山篦子沟、胡家峪,鞍山霍各气、炭窑口,通安,李伍铜矿等
变成矿床	矿床受地层岩性控制,后期变质热液作用及构造作用控矿十分明显	矿体形态复杂,层状铜矿以层状、似层状为主;脉状铜矿以脉状、透镜状、囊状、陡倾斜、网脉状多见	矿石主要为块状、浸染状、脉状、柱状	Cu>1~1.5%,部分矿石特富	辉铜矿—斑铜矿组合,黄铜矿—闪锌矿组合为主	东川的汤丹、希矿山,易门的凤山、红透山铜矿等

的形成主要受地层岩相控制,变质热液作用不强烈,后期改造作用很不明显。其特点是:

(1) 矿体呈规整的层状和似层状,局部呈扁豆状和豆荚状。

(2) 矿体规模大,延长延深均甚稳定,顺走向及倾斜无穿层现象。

(3) 品位一般偏低,铜小于1%,但沿走向和倾向变化稳定。

2. 受变质矿床

在区域变质作用发展演化过程中,派生的变质热液使受变质地层内原始物质产生明显的重结晶或选择重熔、再造和重新分配,产生相应的变生矿物,也使含矿地层内的铜质明显地“活化”,甚至在局部结构有利部位发生少量成矿物质明显的迁移形成变质脉体。

这类矿床受地层岩相控制,并受区域变质热液作用改造,而构造控矿作用不甚明显。其特点是:

(1) 单个矿体形态简单,以层状、似层状和透镜状为主,局部呈扁豆状、楔状,与地层产状一致,产状稳定。

(2) 矿体厚度变化较大,矿体群沿走向呈大小不等的扁平透镜体,作瓜藤状。

(3) 矿石品位中等,含铜1%左右,品位变化较稳定。

3. 变成矿床

这类矿床受地层岩性和构造的双重控

制,部分层状和似层状矿体在地层发生扭曲时仍不改变层位,但在后期变质作用及伴随构造作用过程中,使原始层状矿体内大量铜质活化,含矿溶液可以离开原含矿层,沿断层或裂隙迁移,在有利的构造部位(如构造转折、交叉处)和有利岩性条件下充填或交代,形成各种脉状铜矿体。其特点是:

(1) 矿体形态复杂,除层状和似层状矿体外,还有脉状、网脉状、透镜状、囊状、陡倾斜状。多数情况下,赋矿层并不是原始矿源层。

(2) 矿体厚度沿倾向变化一般不大,沿走向受断裂影响,有明显膨缩和分枝现象。

(3) 矿石品位高,含铜大于1~1.5%,部分矿石特富。

变成矿床较典型的如易门凤山铜矿。该铜矿产于上昆阳群绿汁江组三家厂段。原始沉积矿源层的形成是由元谋—红山古陆剥蚀源和古火山作用带来成矿物质,在适宜的沉积环境中形成。可以认为三家厂段狮山层含矿层是铜矿的矿源层。最终矿床形成是由区域变质作用过程中伴随构造作用,使矿源层物质活化形成含矿热液沿构造运移至凤山层有利的构造部位和有利的白云岩层,经充填交代作用富集成矿,构造控矿作用十分明显。

从变质岩铜矿床的形成演化过程和变质

成因类型划分,可以说明成矿物质具有多源性,成矿作用具有多种地质作用叠加和多阶段性的特点。研究变质岩铜矿床成矿物质来源和划分矿床变质成因类型,对开阔变质岩型铜矿找矿思路是有益的。

参考资料

- (1) 桂林冶金地质研究所变质岩铜矿专题组历年专题研究报告
- (2) 龚琳等:云南DC铜矿的地质特征、矿床成因及找矿方向《铁铜矿产专辑(第三集)》,地质出版社,1975
- (3) 云南冶金地质研究所任主傅:《昆明群层控铜矿成矿地质条件》,内部,1979
- (4) 龚琳等:《论“东川式铜矿”的成因》,内部,1979

磁海式铁矿地质特征初步研究

张明书 张建中 郭介人 陈书章 金浩甲 李世强

磁海式铁矿是我国近年来勘探成功的一种富铁矿类型。以其出现在华力西地槽晚期旋回、靠近古陆边缘的火山断陷沉积盆地中,成矿与二迭纪玄武质火山—基性岩浆的深部分异和岩浆期后气液演化密切相关,矿体主要赋存在辉绿岩中,具有独特的成矿特征,故名之。

这类铁矿在国内系初次发现,与国外已知产于暗色岩或辉绿岩中的铁矿亦有所不同。研究它的形成条件不仅对预测新的成矿远景区具有重要的现实意义,而且对研究总结与基性岩浆有关的铁矿成生理论,亦将提供重要的地质依据。

本文是根据两年来参加铁矿会战,配合普查、勘探工作所积累的材料草成的。成文后,蒙李春昱、马祖望同志审阅,陈碧玉、陈美云等同志清绘图件,顺此一并致谢。

磁海式铁矿形成的地质背景

矿床位于天山华力西褶皱带东部,中天山前古隆起带与北山华力西褶皱带南带的邻接部位(图1),恰处于一个东西向、北东东向、北西西向断裂交汇的结点位置。同时,又是早二迭世火山—沉积岩系组成的复向斜的核部,显示出应力十分集中,区域地质构造复杂的背景(图2)。

区域地层由老至新有震旦界长城系绿色变质石英砂岩,蓟县系为浅海相碳酸盐建造。后者分南北两带:北带为青灰色、灰白

色至淡玫瑰色中—厚层硅质条带及团块的白云岩夹白云质大理岩、结晶灰岩偶夹千枚

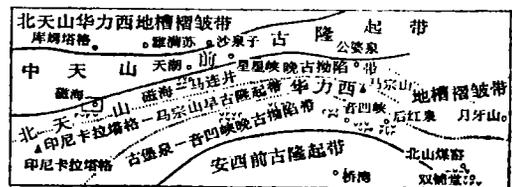
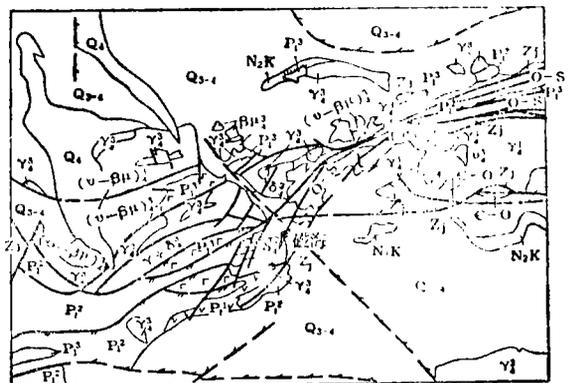


图1 矿床产出构造位置

□ 图2位置 □ 火山—基性杂岩发育区



Q₃₋₄—风成沙盖; Q₃₋₄—冲积、洪积碎石及砂土; N₂K—第三系红层; P₂—早二迭世下火山岩组; P₂—早二迭世碎屑岩组; P₁—早二迭世上火山岩组; O-S—奥陶—志留系; C-O—寒武—奥陶系; Z₁—震旦系; Y₂—华力西期晚期花岗岩; δ₂—闪长岩; β₂—辉绿岩; (v-β₁)—辉长—辉绿岩; v₁—辉长岩; β₁—辉绿岩; Y₂—华力西中期花岗岩; Y₁—华力西早期花岗岩

图2 矿床区域地质图