

马厂箐斑岩铜钼矿床 地质特征及找矿方法

云南冶金地质三一〇队

我国西南的藏东—滇西成矿带上，已相继发现了若干个斑岩铜钼矿床及矿点。我队在该带的中部进行找矿评价工作，并对马厂箐矿床地质特征及成矿规律作了初步研究，现结合在找矿中的体会介绍如下。

一 区域与矿区地质 (图1)

矿区位于准地台与地槽的接壤地带，沿此薄弱带北西向××江—×河深大断裂发育。由于断裂扭动造成北西—北西西向的低序次“挖色”帚状构造，呈弧形展布，其砥柱以挖色花岗岩(同位素年龄660百万年)为中心。远离砥柱的马厂箐一带，帚状构造旋转层与北东向褶皱和断裂呈反接复合，是矿区的构造特点。

出露地层主要为下奥陶统滨海相碎屑岩及下泥盆统碳酸盐类岩石、页岩及砂岩。两者呈不整合接触。

岩浆活动与深大断裂有关。晋宁期有酸性岩侵入；海西期有玄武岩喷溢；印支期有中酸性岩浆活动；喜山期有大量碱钙系列陆相火山活动，其浅成至半深成的各类斑岩伴生有铜、钼、铅等矿产。

二 成矿母岩特征

马厂箐岩体为一多阶段侵入的复式杂岩体。海西期为辉长辉绿岩；喜山期以各类斑岩为主，局部见晶屑凝灰岩及粗面岩。马厂

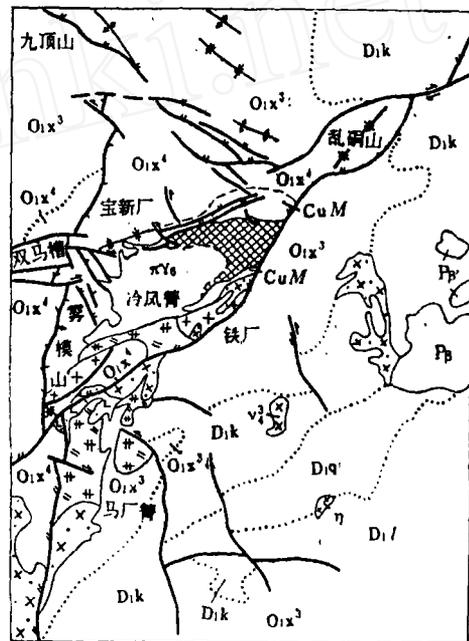


图1 马厂箐矿区地质构造略图

O1x ³	下奥陶统向阳组三段	O1x ⁴	下奥陶统向阳组四段
Dik	下泥盆统康郎组	D1q	下泥盆统青山组
D1l	下泥盆统莲花曲组	Pp	二迭系玄武岩
x	v ₃ -辉长岩	x	η-辉绿岩
x	X ₆ -煌斑岩	#	xi ₆ -石英二长斑岩
x	xi ₆ -石英正长斑岩	γ ₆	斑状花岗岩
+	γ ₆ -花岗斑岩	■	含钼斑状花岗岩
M	CuM-含铜角闪岩	— —	正断层
— —	逆断层	—/—	斜进断层
— —	平移断层	—x—	向斜
—x—	背斜	— —	地层界线
— —	岩体界线	— —	矿化带界线

菁杂岩体的岩浆活动顺序如表1。矿区主要铜钼矿化是在第二期斑状花岗岩侵入之后。

表1

1. 岩体形态及规模 马厂菁斑状花岗岩体平面上呈一长2600米、宽750米的椭圆形；长轴方向为北东60°，出露面积1.36平方公里；产状很不清楚，暂可分为岩颈、岩舌、岩墙三部分。岩体沿北西和北东向构造相交的部位侵入；其中心部位在冷风菁，是岩颈，呈陡倾角向南西侧伏，面积0.8平方公里，顶部被剥蚀，边部有较多的围岩捕虏体；其东北部呈半环形伸出者为岩舌，是侵入体的前缘和钼矿的主要赋存空间，与围岩接触面倾角为30~40°，岩舌残存厚度100~300米，约占岩体面积的1/3；岩墙见于西部，有雾模山岩墙和后山丫口岩墙，在冷风菁附近相交。

2. 岩石的矿物与结构 岩石呈灰色，全晶质斑状结构，基质具显微花岗结构、显微文象结构。基质粒度0.03~0.16毫米，斑晶粒度0.3~25毫米。斑晶占47.5%。

矿物成分(%)：石英—23，钾长石—35.2，斜长石(An13)—27.1，黑云母—4，角闪石—3。属于斑状角闪石黑云母花岗岩。

含矿岩体与早期各类岩石比较，造岩矿物以钾长石变斑晶极普遍为特征，斜长石牌号相对较高，铁镁矿物含量有所增加，副矿物除磷灰石、榍石、磁铁矿、锆石和褐帘石外，还有白钨矿。

3. 岩石的化学成分(%) SiO₂—69.76, TiO₂—0.29, Al₂O₃—15.01, Fe₂O₃—2.51, FeO—2.22, MnO—0.05, MgO—1.27, CaO—1.57, Na₂O—4.10, K₂O—4.47, P₂O₅—0.17。查氏数值特征：S—76.4, a—14.9, c—1.8, b—6.9, a'—10.5, f'—60.0, m'—29.5, n—58.1, Q—21.2, a:c=8.3。属查氏分类的2类3科，即SiO₂过饱和并富碱的岩类。

由岩体中心向边部，二氧化硅和碱质含

主要岩浆活动期	亚期	主要岩相	代号
海西期		辉长绿辉岩	ν_4^1, η_2^1
喜山期	第一期	I—正长岩	1. 角闪正长岩 2. 黑云母正长斑岩 3. 石英正长斑岩 ξQ_0^{1-1} $\xi \pi B_0^{1-1}$ $\xi \pi Q_0^{1-1}$
		II—含透长石英正长斑岩	$\xi \pi Q(S)_0^{1-1}$
		III—角闪石英正长斑岩	$\xi \pi Q_0^{1-1}$
		IV—片麻状石英二长斑岩	$\xi \pi Q_0^{1-1}$
		V—石英二长斑岩	$\xi \pi Q_0^{1-1}$
	第二期	VI—灰色微晶花岗斑岩	$\gamma \pi_0^{1-1}$
		VII—云辉煌斑岩	X_0^{1-1}
	第三期	VIII—花岗斑岩	1. 斑状花岗岩 2. 花岗斑岩 $\pi \gamma_0^{1-2}$ $\gamma \pi_0^{1-2}$
		IX—斑状黑云母花岗岩 X—细晶岩	$\pi \gamma B_0^{1-2}$ λ_0^{1-2}
		XI—花岗斑岩 XII—石英正长斑岩 XIII—煌斑岩	$\gamma \pi_0^{1-3}$ $\xi \pi Q_0^{1-3}$ 1. 正煌岩 X_0^{1-3} 2. 斜煌岩 $X\phi_0^{1-3}$

量逐渐减少，而以脉岩中最低；铁镁含量变化与此相反，CaO含量以岩体边部为最高，中部次之，脉岩最低。

本区岩浆的分异作用对斑岩铜钼矿床的生成极为有利。这种分异主要表现在侵入体岩性的复杂多样和岩石化学成分有规律变化。在岩浆演化过程中，含钼铜的斑状花岗岩是在碱度降低，酸度和铁镁含量增高、氧化程度增强的条件下生成的。这一规律对在本区碱钙系列火成岩中寻找斑岩型铜钼矿床是否有普遍意义，尚待实践检验。

三 围岩蚀变 (图2)

本区岩石蚀变种类复杂多样, 现择其主要特征及与矿化的关系简述如下。

1. 含矿岩体的蚀变 含铜(铜)的斑状花岗岩体有硅化、钾长石化、钠长石化、绢云母化等蚀变。

硅化 主要表现有: ①蠕英石化, 是由于岩浆晚期的自交代作用, 酸性斜长石交代钾长石, 析出蠕虫状石英。②石英熔蚀交代暗色矿物。③石英呈不规则的圆粒状集合体交代基质。④石英呈宽数毫米至数十厘米的细脉穿插在岩体中, 常有辉钼矿共生。按硅化之强弱程度, 可分为四个带: ①强硅化带: 次生石英含量>20%, 平均50%, 局部可达95%。岩石由密集的石英细脉及团块组成, 原岩结构消失, 主要分布于岩体中心及

北接触带边部, 中心呈椭圆形, 出露面积0.02平方公里。②硅化带: 呈环状围绕强硅化带外侧分布, 宽约500米, 次生石英含量一般为10~20%, 平均15%。岩石具变余斑状结构, 长石斑晶轮廓较清晰, 是钼矿化的主要赋存空间。③弱硅化带: 分布于硅化带外侧, 次生石英含量一般在5%左右。除钼矿化外, 还普遍见有黄铁矿、黄铜矿化。④微硅化带: 主要分布于冷风箐一带, 次生石英含量<5%。

钾长石化 主要表现有: ①呈钾长石变斑晶, 粒度一般为0.5~1厘米, 个别达2~3厘米。多为正长条纹长石, 少数见微斜条纹长石, 斑晶中常见基质及其他矿物残晶包体。②交代斜长石斑晶, 呈不规则块状或云雾状。③呈宽0.15~2毫米的钾长石细脉, 穿插于岩石中。④呈细粒状钾长石交代基质。

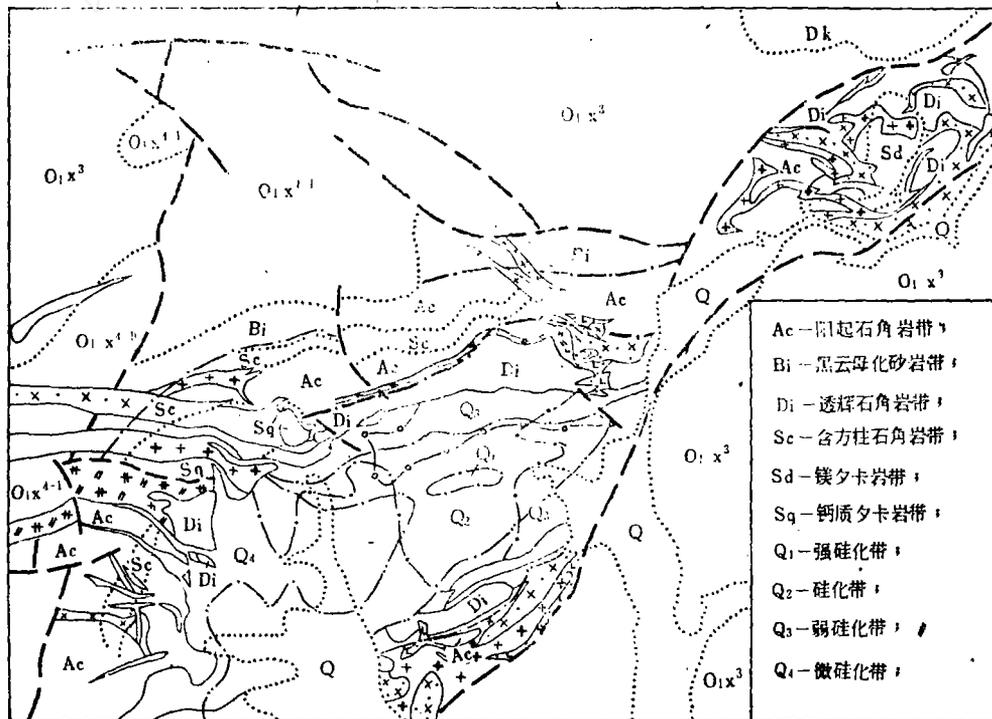
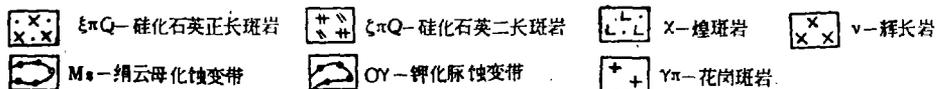


图2 马厂箐钼铜矿床蚀变带分布图



钠长石化 主要表现是：①钠长石呈条带状、树枝状交代钾长石变斑晶或沿其边缘构成镶边结构。②钠长石交代早期的浅色或暗色矿物。③呈糖粒状交代充填于矿物颗粒间。后两类钠长石平均含量在3%左右，分布范围与钾化带基本一致。

绢云母化 岩体内绢云母化虽较普遍，但极微弱。蚀变带内绢云母含量一般为1~3%，个别达10%，平均2%。绢云母多呈细小鳞片状集合体或小脉交代斜长石斑晶。只有斜长石斑晶具有强烈绢云母化时，钾长石斑晶才见绢云母化。基质中绢云母化罕见，绢云母化带主要出现在岩体北接触带内侧，与弱硅化带分布的空间位置重叠。

综合含矿岩体的蚀变，由中心向外可分三个带，即强硅化核心→石英钾长石化带→石英绢云母化带。此外，尚见有黑云母化、绿泥石化、角闪石化、绿帘石化、高岭土化、碳酸盐化、白云母化和沸石化等蚀变现象，但分布局限，表现甚微。

2. 围岩的变质作用 在岩体周围300~800米范围内，各类沉积岩及早期侵入岩均遭受了不同程度的变质及矿化作用。变质强度除受原岩成分、结构构造及裂隙构造影响外，并与距岩体远近有关。

砂泥质岩石的变质 O_{1x}^{4-2} 地层，原岩为紫红色长石石英砂岩夹灰岩透镜体，变质后形成各种角岩及蚀变岩石。根据蚀变矿物特征自岩体向外可分为：①透辉石长英角岩带：一般宽100~300米，黄铜矿、黄铁矿化普遍，是铜矿体的主要赋存部位。②阳起石透闪石长英角岩带：一般宽200~300米，黄铁矿化较普遍，铜矿物甚少。③黑云母化蚀变砂岩带：一般宽100~200米，常见黄铁矿呈散点状及细脉状分布。

碳酸盐类岩石的变质 O_{1x}^{4} 向阳组砂岩中的灰岩或白云质灰岩透镜体靠近岩体处多变质为各类夕卡岩。①钙质夕卡岩：分布于矿区北部及西部，有含矿与不含矿两种。前

表 2

分子 类别	镁铝	铁铝	钙铝	钙铁	钙铝
	榴石	榴石	榴石	榴石	榴石
含矿夕卡岩中的石榴石	1.98	6.53	0.89	87.91	2.69
无矿夕卡岩中的石榴石	5.84	5.53	1.23	52.95	34.46

者多呈透镜状产出，主要成分为棕红色粒状石榴石(70%)和透辉石(10%)；后者分布较广，主要由蓝绿—油绿色石榴石(90%)组成。两种夕卡岩中石榴石矿物组分(按标准分子法计算)之区别如表2。由表2可见，含矿夕卡岩中石榴石的钙铁榴石分子比重很大，无矿夕卡岩中的石榴石基本上是钙铁榴石和钙铝榴石的混合组分。前者中Ge(0.001~0.003%)，Cu(0.5%)，Pb(0.002%)，W(0.03~0.1%)等元素显著增高。②镁质夕卡岩：主要见于乱硐山一带，所在层位为 D_{1k} 及 O_{1x}^{4-2} ，均系白云质灰岩变质而成。可分为透辉石夕卡岩和钙镁橄榄石夕卡岩两种。后者均可构成含铜磁铁矿体。

此外，局部还见有斜硅镁石夕卡岩、金云母化白云岩、透闪石化大理岩等等。

四 矿床地质特征

本区为一中型铜钼矿床。根据矿体赋存的岩石条件和成因，可以分为：①产于斑状花岗岩中的细脉浸染状钼矿体(伴生铜)；②产于角岩中的细脉浸染状铜矿体(伴生钼)；③产于钙铁榴石夕卡岩中的铜钼矿体；④产于蚀变辉长岩中的铜矿体；⑤产于镁夕卡岩中的含铜磁铁矿矿体；⑥产于煌斑岩中的铜矿体。以前三种经济价值较大。

主要钼矿体由彼此相关的复合裂隙脉群组成，已知延长1000米，最大厚度11.2米。铜矿体围岩主要是含矿夕卡岩及透辉石角岩，主矿体长400~800米，厚12.2~58.3米。矿体分枝复合、尖灭再现现象显著。据

粗略统计,不同岩石中所含矿体的百分比如表3。由表3和图3可见,钼矿体主要赋存于斑状花岗岩中,铜矿体主要赋存于岩体的外接触带。

表3

	角岩	夕卡岩	斑岩花岗岩	其他
铜矿	75.7	12.9	5.6	5.6%
钼矿	29.8	6.8	61.5	1.9%

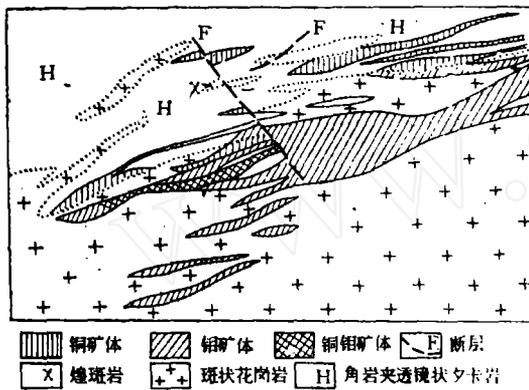


图3 马厂管铜钼矿2580米标高水断面图

1.岩石的含矿性 矿化对岩性没有严格的选择作用,不同岩石中铜的平均含量见表4。但铜钼含量存在着互为消长的依存关系(图4),即钼含量高时铜低(夕卡岩例外)。这种关系与岩石的含铁性有关。由图5可见,钼铁含量呈反比,铜铁含量呈正比。这是因为它们的地球化学性质不同。辉钼矿的溶解度比铜铁硫化物大,而亲硫性比其少。当围

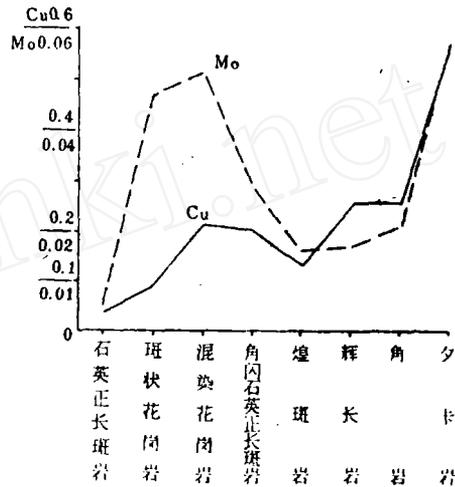


图4 岩石含矿性曲线

表4

平均含量% 元素	岩石	斑状花岗岩	石英正长斑岩	辉长岩	夕卡岩	角岩	石英角闪正长斑岩	混染花岗岩	煌斑岩
铜		0.0912	0.036	0.25	0.569	0.254	0.203	0.213	0.13
钼		0.047	0.0045	0.017	0.058	0.0212	0.0209	0.0516	0.016

岩中有大量铁存在时,溶液中的硫易于生成黄铁矿、黄铜矿,这时由于硫浓度降低,不易生成辉钼矿。在贫铁的花岗斑岩中,硫未被大量消耗,其化学势有所增高,足以与钼结合生成辉钼矿。若铜铁硫化物生成后,溶液中的硫不断得到补充,也可出现辉钼矿脉的叠加(如岩体北接触带的夕卡岩和角岩里经常见到铜、钼含量均高的混合矿体)。

2.矿化分带 本区矿化以辉钼矿为中心,呈不规则的环状,有如下的矿物和元素

分带现象:

金属矿物分带:辉钼矿—黄铜矿、黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿—方铅矿;

金属元素分带:Mo—Cu、Mo—Cu、Fe—Pb、Zn ← Ag、Au →

铜矿带 沿岩舌呈半环形分布,主体在斑状花岗岩内。在北接触带及苦果箐等边部50~100米宽度之外,跨入围岩中。以辉钼矿为主,黄铁矿、黄铜矿次之。

钼矿带 分布于铜矿带外侧,呈不完整的环形。按矿物含量可分内外两个铜矿带。

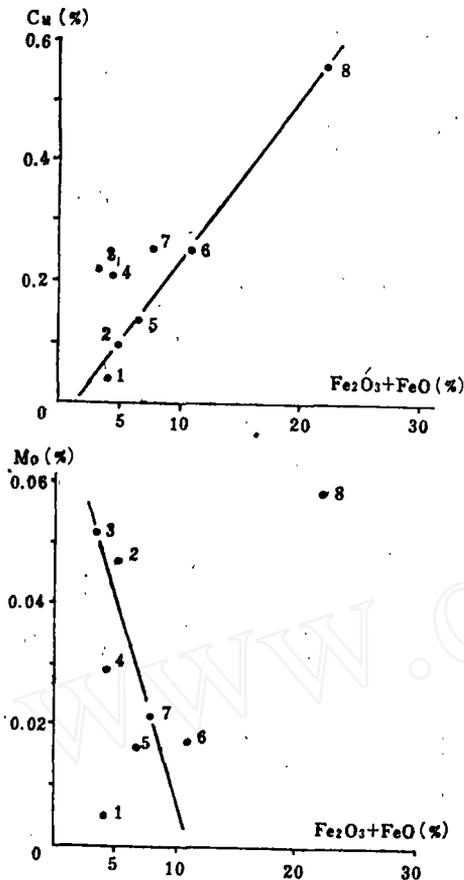


图5 矿化岩石中铜、钼、铁含量相关图

内铜带是铜矿体的主要赋存部位，以黄铜矿、黄铁矿为主；辉钼矿次之；外铜带相当于阳起石角岩带，只有零星的铜矿体，黄铁矿含量多于黄铜矿，有时可见赤铁矿、镜铁矿脉，辉钼矿极少见。

铅锌矿带 界线难于圈定。仅表现为围绕铜异常带外圈零星分布的铅异常带及矿区四周分布的若干脉状矿点。

在化探的趋势分量异常图上，也反映出Mo、Cu、Pb元素的水平分带特征。岩体中心强强化核为低值带，向外依次为内接触带上的钼带、正接触带附近的铜—钼带、外接触带的铜带—蚀变带外的铅带。

3. 矿石类型及结构构造 本区大致可分为五种矿石类型：①斑状花岗岩中的细脉—浸染型钼矿石（包括辉钼矿石英细脉和浸染

状辉钼矿细脉。前者脉宽0.1~1厘米，辉钼矿主要在脉两侧对称产出；后者脉宽0.5~数毫米，呈复杂的网脉状产出）。②角岩中的细脉浸染型铜矿石，由黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿及石英、透辉石等组成充填型细脉状矿染及交代型散粒状，网脉状矿染。③夕卡岩中的浸染状及块状铜矿石，由黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿等组成，矿石品位高。④含铜磁铁矿矿石，产于镁质夕卡岩中，由磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿组成。⑤含铜蚀变辉长岩及煌斑岩，黄铜矿、黄铁矿呈散粒状、网脉状分布，含铜辉长岩中铜品位一般在0.7%（±），含铜煌斑岩中铜品位一般在0.3~0.5%（±）。

铜矿物常见的结构为半自形—他形粒状结构、固溶体结构、镶边结构及交代残余结构。

4. 矿化分期 根据矿化特征，矿物共生组合及其生成先后，本区成矿作用可分为两期六个阶段（表5）。

从表5来分析，含矿细脉的多期性，说明成矿溶液在长期活动过程中有脉动的性质。溶液在长期活动过程中酸碱度是不断变化的。在早期自变质阶段反映出碱质交代的特征，高温气成阶段有挥发分F、Cl、H等参与，变为酸性溶液；中温阶段发生绢云母化作用，说明溶液偏碱性；但随后的硅化作用，又反映溶液偏酸性；晚期碳酸盐阶段，溶液为弱碱性。高温阶段磁铁矿、白钨矿的析出，说明含矿溶液中氧离子浓度较高；尔后为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿所代替，表现出硫离子浓度的增高；当硫大量消耗后，氧离子又相对浓集，故晚期有磁铁矿交代金属硫化物的现象。最后又有碳酸盐—硫化物沉淀。可见本区成矿作用的全过程，也是氧、硫矛盾相互转化的过程。本区各蚀变带均有不同阶段热液作用的多次叠加，矿物组成也较复杂，说明成矿溶液经历了由高温到低温的演变。一些高温阶段稳定的矿

矿物生成顺序 表5

成矿期 矿物名称	岩浆晚期				
	自变质阶段	热液期			
		夕卡岩阶段	高温 气成阶段	中温阶段 热液阶段	低温阶段
钾长石	—	—	—	—	—
钠长石	—	—	—	—	—
斜长石	—	—	—	—	—
透辉石	—	—	—	—	—
石榴石	—	—	—	—	—
钙钛矿	—	—	—	—	—
斜硅镁石	—	—	—	—	—
透闪石	—	—	—	—	—
方柱石	—	—	—	—	—
磷帘石	—	—	—	—	—
电气石	—	—	—	—	—
白云母	—	—	—	—	—
金红石	—	—	—	—	—
白钨矿	—	—	—	—	—
榍石	—	—	—	—	—
金云母	—	—	—	—	—
石英	—	—	—	—	—
沸石	—	—	—	—	—
绿帘石	—	—	—	—	—
磷钠石	—	—	—	—	—
阳起石	—	—	—	—	—
透闪石	—	—	—	—	—
阳起石	—	—	—	—	—
黑云母	—	—	—	—	—
滑石	—	—	—	—	—
绿泥石	—	—	—	—	—
菱铁矿	—	—	—	—	—
白云石	—	—	—	—	—
绿帘石	—	—	—	—	—
高岭石	—	—	—	—	—
方解石	—	—	—	—	—
沸石	—	—	—	—	—
磁铁矿	—	—	—	—	—
白铁矿	—	—	—	—	—
黄铁矿	—	—	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—	—	—
辉钨矿	—	—	—	—	—
闪锌矿	—	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—	—
斑铜矿	—	—	—	—	—
辉铜矿	—	—	—	—	—
砷黝铜矿	—	—	—	—	—
蓝铜矿	—	—	—	—	—
辉钼矿	—	—	—	—	—

物，当温度降低时，变得不稳定。铜、钼元素的成矿作用主要是在中温热液阶段完成的。联系到斑岩侵入体的形成，其生成深度为中深或更浅。

5. 矿石中的伴生有益组分 铜矿石中伴生有Ag、Au、Co、Mo、Se、Te、W等元素，钼矿石中伴生有Re、Bi、Cu、Se、Te等元素。矿石中各种伴生元素的含量如表6。研究这些伴生元素与主金属之间的关系，对本区进行化探找矿工作是有指导意义的。

五 成矿规律及矿床类型

1. 成矿控制条件

构造 矿区位于深断裂的东侧，控制矿床的主要构造是北西和北东东向构造。这两组构造都是深断裂长期活动过程中产生的低序次构造。铜钼矿体受极发育的密集裂隙群控制。这些密集裂隙每米可多达50~75条。

岩浆岩 沿深断裂分布有大量喜山期的碱钙系列火山岩及次火山岩。本区的成矿母岩是在岩浆分异一定阶段的产物。成矿岩体为斑状角闪黑云花岗岩，Cu、Mo背景值分别为50ppm、3ppm，约高出分散值一倍以上。岩体内，尤其是其舌状伸出的部位，是钼矿体赋存的有利空间。

围岩蚀变 本区由岩体中心向外可分为六个蚀变带：强硅化核心→钾长石化带→石

马厂箐矿区金属矿物中伴生元素含量 表6

矿物	Ag	Au	Se	Te	Re	W	Bi	Co	Cu	Mo
	g/T		%							
角岩中辉钼矿	24.0	0.45	0.0014	0.0002	0.00224	0.003	0.015	0.00196	0.6	9.44
花岗斑岩中辉钼矿	2.0	0.22	0.0022	0.0007	0.00188	0.021	0.014	0.000	0.2	27.04
砷黝铜矿	1470.0	0.98	—	—	—	—	0.003	0.00491	9.82	—
黄铜矿、斑铜矿	125.4	2.27	0.0015	0.0003	0.00004	0.611	0.005	0.016	19.03	—
黄铁矿、黄铜矿	58.2	0.89	0.0012	0.0013	0.00001	0.119	0.003	0.00979	7.5	—
黄铜矿、黄铁矿	97.6	0.97	0.0023	0.0006	0.00002	0.000	0.005	0.00787	16.96	—
黄铁矿	25.3	0.68	0.003	0.003	0.00002	—	—	0.0416	4.0	—

英绢云母化带（以上在岩体内）→透辉石角岩带→阳起石透辉石角岩带→黑云母蚀变砂岩带（以上在围岩内）。钼矿体主要赋存在钾长石化带—石英绢云母化带内，铜矿体主要赋存在透辉石角岩带内。

2. 矿床类型 根据成矿控制条件、蚀变类型与分带、矿物共生组合与矿石类型特点，本矿与国内外已知斑岩型矿床相比，特征十分相近，应属于斑岩型铜钼矿床。所不同者是①没有强烈而普遍的石英绢云母化带；②铜矿体主要赋存于围岩中而不是岩体内。这些特殊性对于研究斑岩铜矿与夕卡岩铜矿的关系，对于研究斑岩钼矿与斑岩铜矿的关系，都是有意义的。马厂箐矿床所存在的一些过渡性特点，也说明这些矿床绝不是互相排斥的，它们之间是有成因联系的。

六 找矿方法

我们在马厂箐矿区开展找矿工作时，主要采用的方法是根据区域地质资料，综合分析成矿条件，选定远景目标区，然后在目标区内全面踏勘岩体，进行“四查”（查构造、查岩性、查蚀变、查矿化），并作面积性的分散流取样。在此基础上，圈定化探详查区，确定有利成矿岩体、投入地质填图、物化探、综合研究、轻型及重型山地工程，直至最后查明岩体的含矿性。我们认为，这一整套方法是在外围普查中行之有效的办法。

在进行斑岩铜矿评查工作中，地质、物探、化探三结合十分重要。我们在本区的找矿实践表明，对此类矿床应用磁法、次生晕和原生晕方法，地质效果较好。

1. 磁测 本区引起磁异常的地质体有含铜磁铁矿、夕卡岩铜矿、角岩铜矿、斑状花岗岩体等。含铜磁铁矿异常的特点是强度大、梯度陡、正负极值相当。夕卡岩铜矿异常的特点是强度中等，平面等值线形态近似椭圆状，负值明显。角岩铜矿异常的特点是平面等值线形态呈条带状，异常强度与细脉磁铁矿发

育程度成正比，一般强度中等，负值明显。斑状花岗岩磁异常的特点是强度小、负值不明显。凭以上特征可大致区分出不同地质体。

2. 原生晕 据角岩中铜矿体原生晕测量试验，Cu、Mo、W、Ag、As 五元素，除As 受灵敏度限制外，其余元素晕均较有规律。铜晕的理想模式如图6。铜晕形态与矿体形态一致，上盘晕幅大于下盘。银晕与铜晕相似，但范围窄，矿体中银的强度上部比下部高一倍左右。钼、钨晕形态一致，主要在矿床头部（上盘）及尾部（下盘）发育。

矿前晕的晕幅宽度是铜大于钼，矿后晕是钼大于铜。矿前晕迁移的斜距，铜—200米，钼—80米，钨—50米，银—100~150米。考虑到全区的分析灵敏度，我们采用Cu300ppm、Mo10ppm、W60ppm、Ag1ppm为晕的浓度标准。据此，矿体埋深小于200米时，运用原生晕可望有效地发现矿体；矿体埋深在50~80米时，可用Mo、W作为判别元素，借以区分矿与非矿异常。

3. 次生晕 次生晕异常按元素组合特征可分为三类：Mo（W、Cu）型，Cu、Mo、

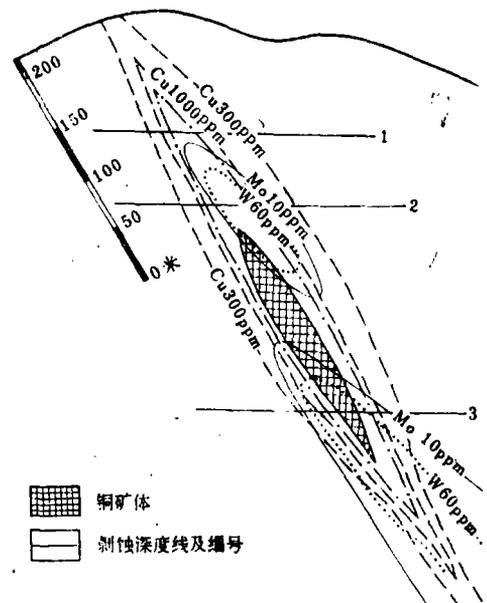


图6 原生晕异常晕的理想模式

W、Ag(As)型, Cu、Ag(As)型。

①钼(钨、铜)型 Mo异常产出的地质环境有两种。斑状花岗岩岩体中的钼异常, 往往是钼矿体上盘矿化晕的反映。主矿体上Mo异常值大于20ppm, 对应的铜值一般低于300ppm。早期石英正长斑岩中的异常(如19号异常)为Mo、W型, Mo最大异常值达300ppm, W最大达200ppm, Cu小于100ppm。经钻探验证, 该异常见厚12米、品位0.22%的钼矿体。

②铜、钼、钨、银(砷)型 此类异常当Cu大于600ppm, 连续性较好, 出现大于1000ppm的浓度中心, 并伴有Mo、Ag、W等异常时, 往往是矿体的反映。按剖面线上Cu、Mo晕幅宽的关系, 可分为Cu>Mo及Mo>Cu两种类型。Cu>Mo是矿体顶部晕的特征, 说明矿体延深较大; Mo>Cu是矿体底部晕的特征, 说明矿体延深较小。

③铜、银(砷)型 这是无钨钼异常出现的一种类型, 似为Cu、Mo、W、Ag型在垂向上的外带, 反映矿体埋深大于100米的矿前晕元素组合特征, 是盲矿体的显示。

根据我们对马厂箐矿区利用物化探综合研究的结果表明: 当矿床上为磁法和次生晕的综合异常区时, 作为找铜矿体的指示是: 磁测有成带状排列的强度小于200γ的异常出现, 且有负值; 次生晕出现Cu、Mo、W、Ag或Cu、Ag型元素组合。这时结合地质分析, 可判断盲矿体存在与否。

近两年来, 我们经过地质、物探、化探三结合, 业已查明矿区东部过去所谓的“空白地段”赋存有有经济价值的铜矿体, 使矿区远景有了初步突破, 外围也相继发现了一批矿点, 我们正为进一步争取扩大远景而努力。

(上接第44页)

位或倾角不同的钻孔资料。它们构成一个二元三次方程组:

$$\left. \begin{aligned} \sin\lambda_A &= \cos\beta_A \cdot \sin\alpha \cdot \cos\varphi_A + \sin\beta_A \cdot \cos\alpha \\ \sin\lambda_B &= \cos\beta_B \cdot \sin\alpha \cdot \cos(\varphi_A \pm \Delta\varphi) + \sin\beta_B \cdot \cos\alpha \end{aligned} \right\}$$

式中 λ_A 和 λ_B 分别为A、B二孔的矿心轴角, β_A 和 β_B 分别为A、B二孔的倾角, φ_A 是A孔的方位与矿体仰向线间夹角, $\Delta\varphi$ 是A、B二孔方位的夹角, α 是地层倾角。

将例中二孔数据代入方程组后得:

$$22.05\cos^2\alpha - 32.47\cos\alpha + 11.56 = 0$$

将求出的倾角 α 代入原方程组后, 可求出A孔方位与矿体仰向线间夹角 φ_A , 并可换算为矿体倾向。舍去伪根和虚根, 得矿体产状为 $307^\circ/53^\circ$ 和 $154^\circ/29^\circ30'$ 。

二元二次三角方程组可能有1至4解。从图4中可看出, 如两椭圆相外切, 地层产状只有三解。如两椭圆相内切, 地层产状将只有一解。如两椭圆分离, 那么除原有两公

切线外, 两椭圆还会有两条交叉的公切线, 地层产状就会有四解, 其中当然只有一解是正确的, 这应根据矿区具体情况判定。

有时, 方程组无解, 图解法也得不出公切线。这种情况表明, 两孔所见不是同一地层; 或虽是同一地层, 但产状变化很大。这样就不能利用矿心轴夹角求地层产状。

