

地质科技资料选编

(四)

斑岩型铜矿 (2)

江西地质科学研究所

一九七五年十月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

克拉马祖铜矿的发现.....	(1)
巴布亚和新几内亚地区富比兰山(奥克·特迪)	
斑岩铜矿床.....	(12)
斑岩铜矿成因的板块构造模式.....	(26)
斑岩型矿床的岩石性质.....	(37)
斑岩铜矿床的顶层和底层.....	(51)
阿巴拉契亚造山带的斑岩型矿床.....	(60)

克拉马祖铜矿的发现

概 况

在已知矿带和矿化区内进行普查找矿，是矿产普查的一个重要方面。据最近国外统计结果，北美已知的56个斑岩铜矿中，1950年以来发现的占39个（铜金属储量200万吨以上的矿床有8个），其中90%位于1950年前已知的铜矿化区内，而且80%是在紧邻已知矿床或矿点的地方发现的。1965年在美国西南部发现的克拉马祖大型斑岩铜矿就是在老矿区外围发现隐伏矿床的一个比较典型的例子。

美国西南部铜矿资源比较丰富，主要为斑岩铜矿，大部分分布在亚利桑那州，克拉马祖铜矿即位于该州南部。在该矿发现前，该州曾先后探明了11个具有工业价值的斑岩铜矿。克拉马祖矿床是在深入研究附近已知矿床的热液蚀变及地质构造后进行推断而找到的。现已探明该矿床的矿石储量达4.55亿吨，铜品位为0.7%。

美国西南部铜矿有很多共同特征：在空间上，斑岩铜矿与石英质侵入体，即斑岩的岩株、岩脉、岩床有关，岩石类型为花岗闪长斑岩到石英二长斑岩；矿床形成于晚白垩世到早第三纪；黄铜矿、黄铁矿和辉钼矿是特征的硫化物矿物，各矿床的硫化物相对含量虽有所不同，但每个矿床矿带中的硫化物相对含量却很一致；热液蚀变作用强烈地影响了矿带及相邻的围岩（可达几千米），并生成了次生的硅酸盐矿物，斑岩及相邻的围岩大部分都发生比较均匀的蚀变和矿化，以致矿床可以大规模开采。

克拉马祖地区，拉米期（晚白垩世）的二长斑岩（岩脉或不规则的小岩体）侵入至前寒武纪的石英二长岩中。与侵入活动密切相关的斑岩铜矿的矿化作用形成了圣马纽埃—克拉马祖矿体，同时伴有同心状的热液蚀变带，矿化几乎对等地分布于二长斑岩和石英二长岩中。矿体大致位于二长斑岩岩脉群的中部。斑岩之上依次为早第三纪的克劳德伯斯特（Cloudburst）组（安山岩与碎屑岩的互层及火山碎屑岩）和中第三纪的吉拉砾岩。两个层组之间有沉积间断并有安山岩脉和流纹岩脉的侵入。矿体形成以后，该区经历多次的构造活动，致使近于直立的矿体连续几次向南西倾斜；此外，在克劳德伯斯特组沉积以前，区域性构造运动还导致矿体的相对上升，使矿体的一个角受到侵蚀，与其伴随的表生作用生成了薄的辉铜矿矿席。区内断层多为正断层。主要为圣马纽埃断层。它把原生的矿体分割为基本对称的两部分——圣马纽埃矿体和克拉马祖矿体。圣马纽埃断层角度小，断裂面起伏不平并伴有次级断裂。至于该断层的时代是形成于矿体倾斜以前，还是形成于吉拉砾岩沉积以后尚不能确切肯定。（区域地质及地质发展史见图1、2）

克拉马祖矿床位于圣马纽埃矿床西南约三公里处，为一隐伏的大型铜矿床。

早在19世纪末，就在圣马纽埃地区附近的“红色山丘”中发现了矿化岩石，从而引起了人们的注意。以后虽有少量的钻探，但仅揭露了一些低品位的氧化带，因而一度放弃，直至1943—1953年才最终探明了圣马纽埃矿体。储量5.9亿吨，品位0.72~0.77%。据1968年报

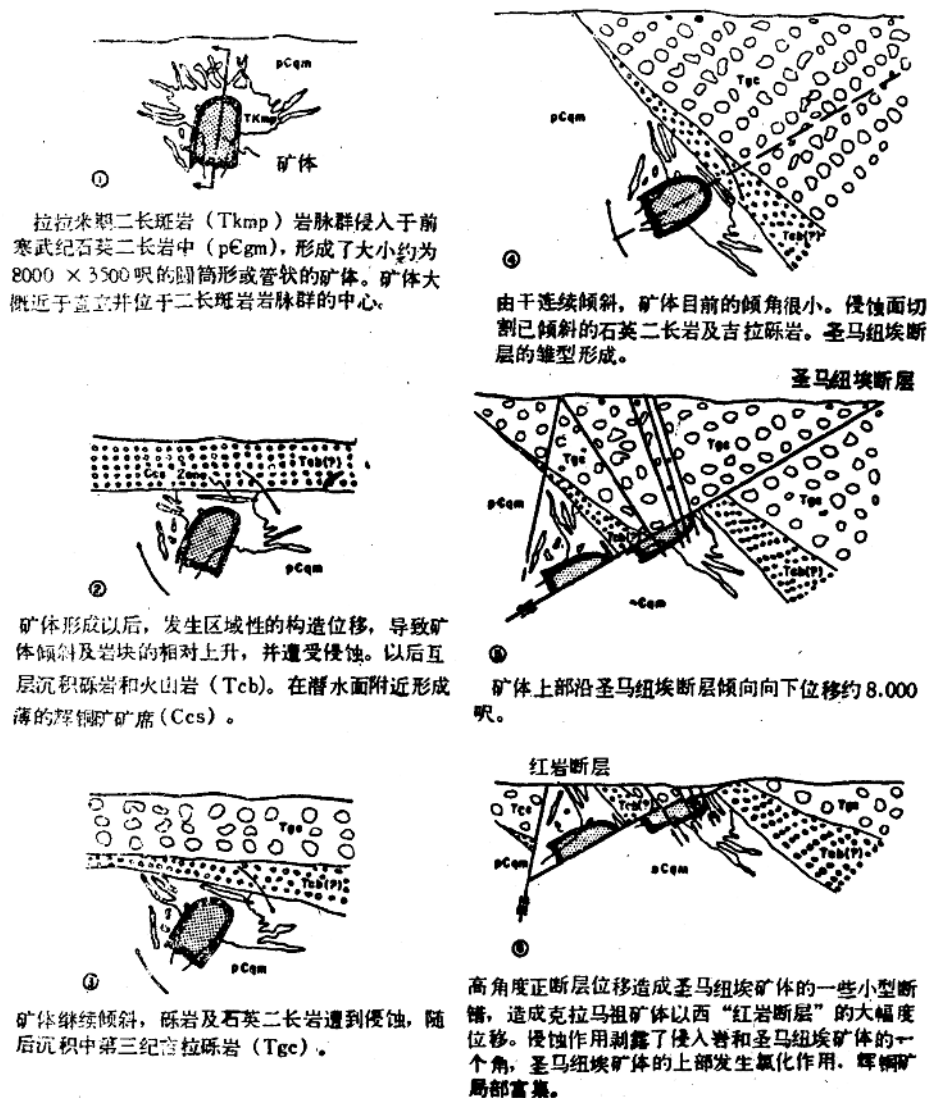
地质图显示了克拉马祖矿床及其周边地区的地质构造。图中主要地质单元包括：中第三纪吉乐砾岩 (Tg)、第三纪流纹岩 (Tf)、早第三纪克劳德伯斯特组 (Tcb)、拉拉米期二长斑岩 (Tcm) 以及前寒武纪石英二长岩 (包括前寒武纪细晶岩脉) (pCqm)。图中还标注了圣马组、红层、高速公路以及克拉马祖矿床大致界线。比例尺为 0 至 5,000 米。

图例：

- Tg 中第三纪吉乐砾岩
- Tf 第三纪流纹岩
- Tcb 早第三纪克劳德伯斯特组
- Tcm 拉拉米期二长斑岩
- pCqm 前寒武纪石英二长岩 (包括前寒武纪细晶岩脉)

找到圣马纽埃矿体后，于1947~1958年，在圣马纽埃西部覆盖区（克拉马祖矿区）曾打了7口1,400~2,500呎深度不等的钻孔以期寻找新的铜矿，但因为没有打倒工业矿石以及对矿床地质特征认识不足，因而在一段时间内未企图在该区进一步找矿。直到1965年8月左右，由于深入的地质研究，特别是对圣马纽埃铜矿热液蚀变和构造的研究，才认识到克拉马祖矿体的存在。确定在该区深入勘探，致使克拉马祖铜矿得到发现。

图2 克拉马祖矿体成因示意图



热液蚀变的研究

斑岩铜矿的热液蚀变特征是普查斑岩铜矿的重要线索。圣马纽埃—克拉马祖铜矿的热液蚀变是斑岩铜矿中比较典型的。克拉马祖发现以前, 对圣马纽埃矿体的热液蚀变曾做过大量研究工作, 但对其蚀变带的划分、各蚀变带的蚀变强度及彼此的关系却有着不同的看法; 尤其是对矿体核部的黑云母—钾长石蚀变带的看法相差很大, 对其蚀变强度的认识截然相反, 而对它的正确认识是判断克拉马祖矿体存在的前提。

1953年，G·M施瓦茨划分圣马纽埃矿床的岩石蚀变为四种类型：高岭石—明矾石蚀变；水云母—黄铁矿蚀变；绢云母—黄铁矿—黄铜矿蚀变；边缘黑云母蚀变；亦相应地划分了四个蚀变带（图3）四个蚀变带相比，他认为高岭石—明矾石蚀变带是热液渗透最充分的

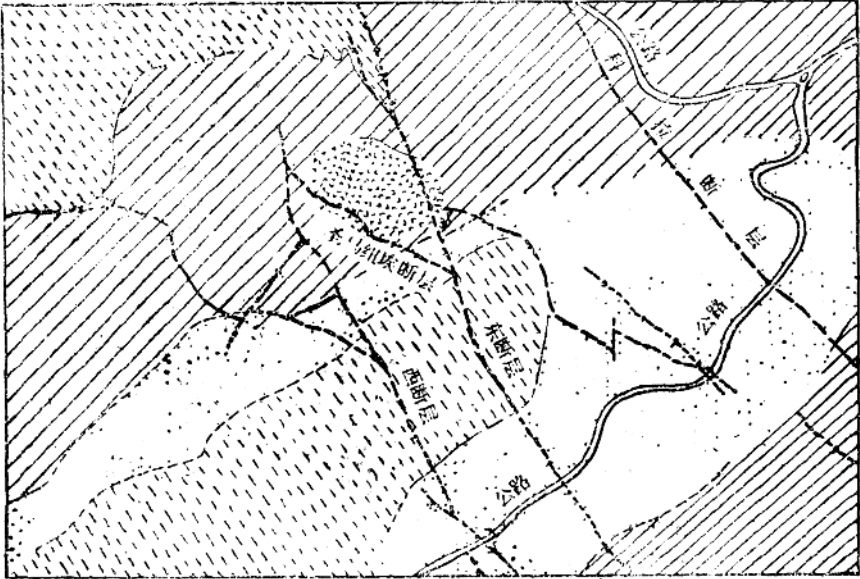
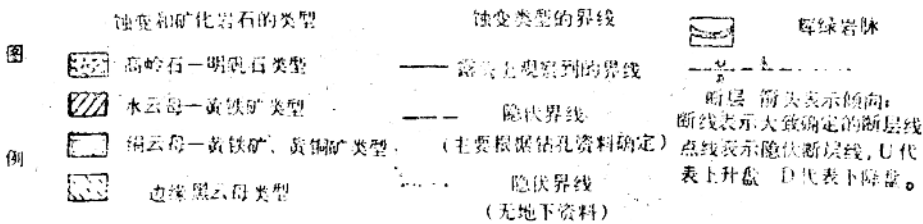


图3 圣马纽埃地区蚀变带分布图



地段，应为最强烈的蚀变带。这个带岩石的矿物成分主要是明矾石、高岭石和石英。该带向外蚀变强度减弱，为水云母—黄铁矿蚀变带，而边缘黑云母蚀变带的蚀变强度最弱。他认为边缘黑云母蚀变带的化学变化相对地比较轻微，据他观察，在该带的一些地段内原生矿物保存良好，主要是奥长石、正长石、石英、黑云母、磷灰石和锆石。而蚀变矿物按其多寡程度依次为水云母、绿泥石、次生黑云母、水黑云母、绢云母、方解石、石英、高岭石、水铝英石、金红石、白钛石和含钾粘土矿物。并认为该带的细粒石英—正长石的基质镶嵌结构很少蚀变。根据这样的认识，圣马纽埃矿体必然是以高岭石—明矾石蚀变带为中心的蚀变体系。中心的蚀变程度最高，由中心向外蚀变强度依次减弱。但他对绢云母—黄铁矿—黄铜矿蚀变带只出现在高岭石—明矾石蚀变带的南部觉得不好解释。据他观察，在一个竖井内见有许多石英—绢云母—黄铁矿—辉钼矿的细脉，有的细脉截切了更早的细脉，说明绢云母—黄铁矿—黄铜矿蚀变形成于不同时期。他推断这个蚀变可能沿构造发育的地区叠置于其他的蚀变

类型之上(图4)。基于对圣马纽埃铜矿热液蚀变的上述看法,因此也就没有认识到热液蚀变体系的核部、各蚀变带的关系及它们的对称情况。因而不可能判断出圣马纽埃矿体仅是原始矿体的一半,还有一半尚未找到。所以施瓦茨在探讨圣马纽埃铜矿邻近地区进一步找矿时,

没有提出明确的方向。

相距十多年后,克拉马祖的勘探者J·D洛厄尔等根据野外观察和岩石学工作,并参考了前人的工作成果,重新划分、解释了圣马纽埃矿床的矿化分带及热液蚀变分带。

矿化带分为四部分:(图5)

1.低品位中心带:含铜品位0.3%。硫化物的总含量低,大部分呈浸染状的颗粒产出。黄铁矿与黄铜矿之比约1:2。

2.矿带:含铜品位0.5%~1.0%。黄铁矿与黄铜矿之比约为1:1。黄铜矿以浸染状颗粒形式出现。黄铁矿一般呈网格状的细脉。

3.边缘矿化带:含铜品位0.1%~0.5%,黄铁矿与黄铜矿

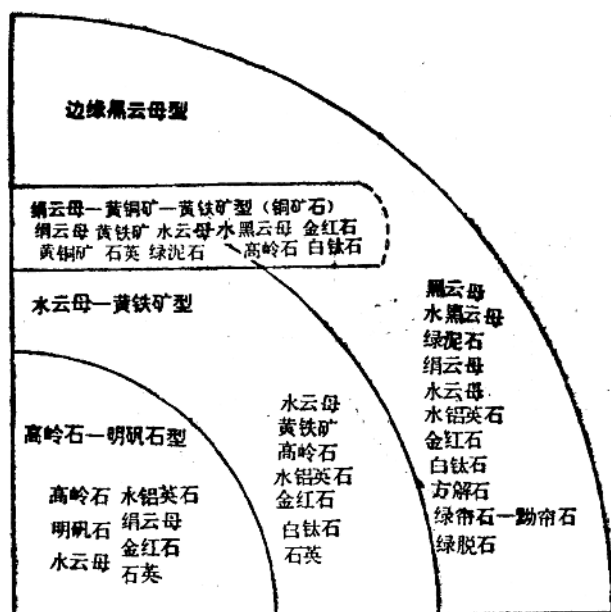


图4 圣马纽埃铜矿各类蚀变可能关系示意图

之比约10:1。黄铁矿与黄铜矿呈细脉状。

4.黄铁矿带:含铜品位0.01%~0.1%,平均0.03%。按重量计黄铁矿的含量达6%~25%,平均约10%。黄铁矿与石英一起以细脉形式产出,脉的厚度可达1/2吋。

硫化物矿物的总含量从低品位中心带的中心向外逐渐增加,直至黄铁矿带的内部,再向外则逐渐减少。铜的含量则以矿带最多,向两侧逐渐减少。

热液蚀变的水平分带为三部分,相接处有重叠现象(见图5)。由内向外依次为:

1.内蚀变带:由黑云母、钾长石的蚀变所组成。包括矿化分带的低品位中心带和大部分矿带。矿物组合为黑云母、钾长石、石英、绢云母、硬石膏、黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿。向深部则逐渐为石英、绢云母、绿泥石、有或无钾长石的矿物组合所取代。

2.石英-绢云母化蚀变带:包括矿带的外侧(与内蚀变带的重叠部分)、边缘矿化带及黄铁矿带。该带的内侧岩石结构很大程度都遭破坏,同时绢云母和粘土矿物比较多,向外水云母变得较多。普遍的黄铁矿化是这个带的一个特点,有的地段按照岩石的重量比竟达20%以上。其边缘,镜铁矿较多。

3.青盘岩化蚀变带:这个带中绿泥石、绿帘石很发育,并有少量碳酸盐矿物和黄铁矿以及微量的金和银。按重量计黄铁矿含量为4%。这个带的外形和二长斑岩体的分布没有明显的关系。

热液蚀变的垂直分带情况是:以黑云母、钾长石内蚀变带为核,向上及向外依次为石英

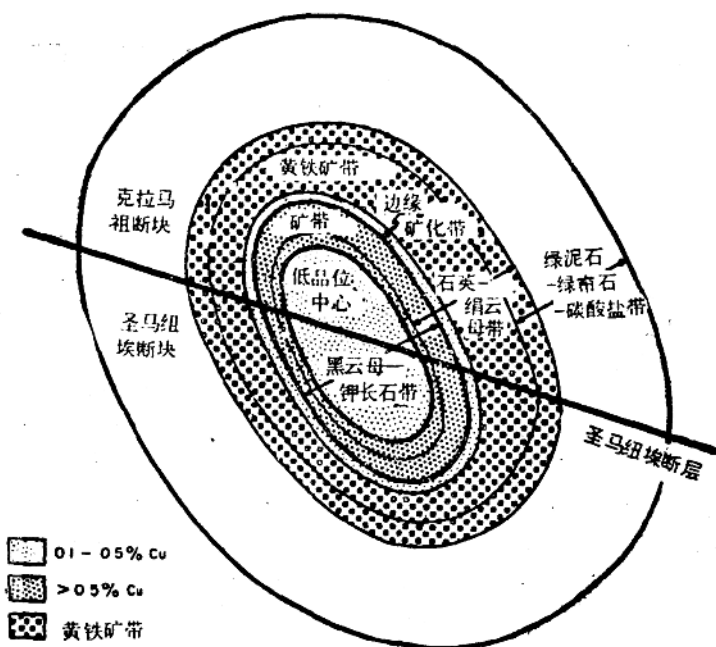


图5 蚀变及矿化水平分带示意图

一绢云母化蚀变带、青盘岩化蚀变带所环绕，各带在空间上形成大致圆筒形的对称结构。各带上部与下部的矿物组合情况有所变化。

洛厄尔认为内蚀变带是一个强烈的钾蚀变带，三个蚀变带相比它的蚀变强度最大。这个带的主要蚀变矿物为黑云母和钾长石。而施瓦茨在报道他所划分的边缘黑云母蚀变带（大致相应于内蚀变带地段）的蚀变矿物中却没有钾长石，他认为这个带的细粒石英—正

长石基质镶嵌结构很少蚀变。而据洛厄尔等的观察该带的岩石结构的变化虽没有石英—绢云母化带那么明显，但强烈的钾蚀变有改变二长斑岩成为粗粒岩石的趋势。

洛厄尔等对圣马纽埃矿床热液蚀变的认识和划分是与前人的研究成果不可分割的。据 S·C·克里西等对圣马纽埃和美国西南部斑岩铜矿热液蚀变的研究，认为斑岩铜矿的热液蚀变可分三种类型：青盘岩化蚀变、泥岩化蚀变和钾蚀变，他把圣马纽埃矿床的热液蚀变也划分为上述三种类型。他认为钾蚀变的关键矿物是新的黑云母和钾长石。新生成的钾长石可根据下述特点进行鉴别：它呈环带状产在残留的钾长石及钠长石的周围，或呈细脉状产出（细脉可能伴有石英也可能没有石英），或为石英、钾长石的花岗变晶集合体。据他统计，圣马纽埃矿床钾蚀变斑岩的 K_2O 的含量大约为 5.06%，而泥岩化斑岩（大致相当于洛厄尔划分的石英—绢云母带的岩石）的 K_2O 的含量为 3.06%，没有蚀变的岩石则为 2.5%。钾蚀变岩石中高的 K_2O 的含量主要反映在钾长石和黑云母上。据他观察，在圣马纽埃矿床的青盘岩化蚀变带、泥岩化蚀变带和钾蚀变带中都有含量不等的高岭石存在（他认为青盘岩化的时间略早于另外二种类型蚀变，钾蚀变带中的高岭石为青盘岩化后所残留下来的矿物）。他根据高岭石的脱水实验曲线确定了圣马纽埃矿床热液蚀变形成的温度上界在 400℃ 左右。他推断圣马纽埃矿床蚀变的特征与热液温度的关系似乎不如与蚀变溶液的浓度的关系密切。1964 年 J·J·赫姆利为研究热液蚀变曾做了钾长石—白云母（绢云母）—高岭石系列的实验，从这个实验中可看到当压力保持一定时高岭石、白云母（绢云母）—钾长石的稳定性与温度、溶液浓度（实验中采用 KCl/HCl 的浓度比）的关系（见图 6）。从图 6 可以看出当温度保持一定时， KCl/HCl 值的增高易使高岭石向着白云母到钾长石的方向转化。洛厄尔认为这

个实验可适用于晚期岩浆—早期热液环境的条件。克里西曾做过斑岩铜矿的钾蚀变相容性图解 (Compatibility diagram), 从这个图解中可看出如果钾长石—白云母—高岭石 (叶腊石) 系列扩大到含有铁和镁, 将生成白云母 (绢云母)、黑云母和钾长石的矿物组合。而这种矿物组合在斑岩铜矿中则被人们愈来愈多地所发现。(见图7。在该图上, 克里西根据圣马纽埃富含钾斑岩的化学分析资料做了相应的投影。)

前人的工作成果对洛厄尔等认识圣马纽埃矿体内蚀变的矿物组合提供了根据, 化学分析及实验数据对他认识内蚀变带是个强烈的钾蚀变带 (这个带的蚀变强度最大而不是最弱) 给予了有力的启示。在此基础上他进一步认为该带是原生矿体的核部, 原生矿体应以内蚀变带为中心形成同心圆状的矿化带和蚀变带。他根据矿体上覆岩层的倾斜情况及在上覆岩系覆盖以前矿体亦遭剥蚀和倾斜等证据, 判断矿体至少倾斜了 45° (见图2), 因而原生矿体的原始状态大致近于直立, 原生矿体的矿化带和蚀变带在空间上应大致为圆筒形的对称结构。但是圣马纽埃蚀变带和矿化带却是不对称的, 仅大致是原生圆筒形蚀变带和矿化带的一半。据此, 他判断还有一半蚀变带和矿体——克拉马祖矿床被圣马纽埃断层错断移位而尚未发现。

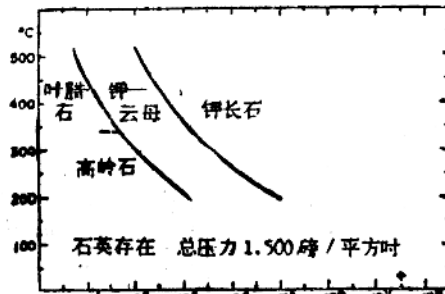


图6 在 $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ 系列中某些稳定性的关系

横座标为 $m KCl / m HCl$ 之比, 纵座标为温度。

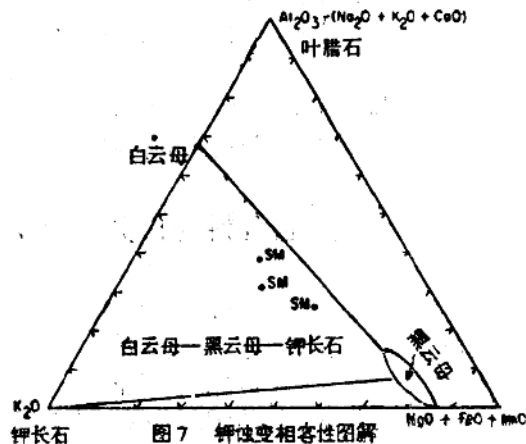


图7 钾蚀变相容性图解

SiO_2 和水过剩, 在黑云母—白云母—钾长石组合中出现石英。图中 SM 为圣马纽埃钾蚀变岩石的投影。

断层性质的判断

圣马纽埃—克拉马祖矿区所发育的断层皆为正断层。其中, 圣马纽埃断层是该区延伸最长的一个断层, 走向北西, 倾向南西, 该断层在圣马纽埃矿区附近为两个角度的正断层所分割。圣马纽埃断层把原生矿体切割为两部分——圣马纽埃矿体及克拉马祖矿体, 圣马纽埃矿体位于断层的下盘。这个断层倾角较小, 大部分地段其倾角小于 45° , 在圣马纽埃矿区平均倾角约 25° 。对该断层性质的认识, 先后曾有较大的争论, 其中包括这样小倾角的断层是

正断层还是逆掩断层的争论，因而对该断层性质的正确判断则成为确定断层上盘的克拉马祖矿体的找矿方向的根据。

1953年以前，据施瓦茨等的观察，在断层线西南钻孔揭露的地区内都有断层的存在。并在一个竖井中见到了砾岩与斑岩的接触界线，两者为断层接触关系，见有5—7呎的红色断层泥，断层面倾向南西，倾角约 15° 。在接触界线以下有一系列的大致与圣马纽埃断层平行的断层。据钻孔所揭露的岩层剖面看，斑岩位于断层的下盘而与上覆的砾岩相接触。他们认为圣马纽埃断层是一个正断层。并且推断该断层可能是在砾岩倾斜以前形成的。如果后期的构造运动致砾岩向东北倾斜了 30° 的倾角（砾岩目前的大致产状），那么向南西倾斜的圣马纽埃断层的倾角也相应地减少了约 30° 。后期的构造运动使得圣马纽埃断层的倾角变小。

以后，E·D威尔逊曾研究了圣马纽埃矿床的断裂型式，他认为该矿床的断裂（包括圣马纽埃断层）是挤压性的。圣马纽埃断层的产状是与挤压性成因的断裂型式相一致的。因此他判断圣马纽埃断层的性质为逆掩断层。

再后，克里西提出，如果该断层是一个沿断层面倾向滑动的正断层；而且克劳德伯斯特组岩层倾角为 45° ，其走向与断层线垂直（在圣马纽埃矿区北部该断层的一部分出露区有大致类似的假定条件），那么该断层的铅垂断距应与断层线平行的断距大致相同。但据他的观察与断层线平行的断距远远大于它的铅垂断距。所以他认为圣马纽埃断层的错动可能以右横向的走向滑动为主。

经过研究与对比，洛厄尔等认为施瓦茨对断层性质的判断比较合乎逻辑，它应该是个正断层，上盘沿断层倾向向下错动，因此克拉马祖矿体应位于圣马纽埃矿体的西南方向。

老资料的再分析及矿体的勘探

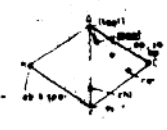
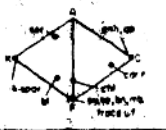
在以上认识的基础上，首先重新检查了1947—1958年间圣马纽埃以西的老钻孔资料及岩屑。发现其中有四个钻孔已穿过了弱的黄铁矿、青盘岩化蚀变带而钻至强烈的黄铁矿、石英—绢云母蚀变带。其中的一个钻孔已钻到相当于圣马纽埃边缘矿化带的矿化岩石。

同时，洛厄尔等人收集圣马纽埃矿区钻孔与圣马纽埃断层交点的标高，勾绘了断层面的等高线图。根据过去钻孔所钻到黄铁矿带的深度及圣马纽埃断层面倾斜角度的关系大致地确定了圆筒状的黄铁矿带的位置。

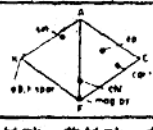
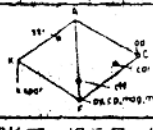
在过去钻孔的区域内进行了土壤地球化学调查，发现了一个轮廓清楚的铜—钼异常和一个轮廓不太清楚的铁的异常。前一个异常可能象征着含铜约0.04%的青盘岩蚀变带的岩石，后一个异常可能是青盘岩蚀变带中黄铁矿化的岩石所引起。虽然土壤地球化学调查还不能直接判断矿体的存在，但对确定矿体的可能位置却是一个有力的证据。

在以上工作基础上设计了第一个钻井的位置。第一钻依次穿过了吉拉砾岩、克劳德伯斯特组、青盘岩蚀变带进入了石英—绢云母蚀变带；在矿化分带上，这个钻孔相应地穿过了黄铁矿带和边缘矿化带，在2,500呎处打到了具有工业品位的矿石。以后，根据克拉马祖矿体的长轴可能为NE 57° 的推断，以第一钻为中心，铺开了NE 57° 、NW 33° 的矩形勘探网，间距600呎。由于把圣马纽埃矿床矿带的地质情况，成功地外推到克拉马祖，使每一个勘探钻孔都打倒了克拉马祖矿体。结果较快地探明了克拉马祖矿体。该矿床除有铜和钼外亦有少量可回收的金和银。

浅—中部组合

各蚀变带矿物组分变化	青盘岩带	泥岩化带	似千枚岩化带	钾蚀变带
石英	没有变化	增加	增加	增加
正长石—微斜长石	没有变化	有绢云母斑点	绢云母化	重结晶，部分为蚀变的钾长石—石英所交代
斜长石 (An35—45)	微量蒙脱石、绿帘石(斑点或粒状)、黝帘石、碳酸盐、绿泥石、高岭石	蒙脱石—高岭石	绢云母化	未蚀变到完全为褐—绿色的蚀变黑云母及钾长石、绢云母所交代
黑云母	绿帘石、黝帘石、碳酸盐、白钛石	绿帘石化加上白钛石及石英	绢云母、黄铁矿、金红石	未蚀变或重结晶为褐—绿色的髓状颗粒。有或无绿泥石
角闪石	绿帘石、碳酸盐、蒙脱石、绿帘石(两种类型)	绿帘石化	绢云母、黄铁矿、金红石(?)	黑云母、有或无绿泥石、金红石
磁铁矿	微量黄铁矿	黄铁矿化	黄铁矿化	黄铁矿化
A-K-C-F A: Al K: K, Na C: Ca, Mg F: Fe, Mg				
细脉充填物	石英—方解石—钾长石—绿帘石—少量的钠长石—金红石	石英—绢云母—黄铁矿—绿帘石	石英—绢云母—黄铁矿	石英—钾长石—黑云母—绢云母—硬石膏—方解石—磷灰石

深部组合

	外带	内带
石英	略有增加	增加
正长石—微斜长石	有微量绢云母污染	带有绢云母的蚀变钾长石，蚀变矿物常见，少量的石英
斜长石 (An 35—45)	有绿帘石、绿帘石污染	绢云母化，有蚀变的钾长石及石英，蚀变矿物不多
黑云母	大部分已绿帘石化，另有少量绿帘石及磁铁矿	绿帘石化，少许蚀变矿物
角闪石	绿帘石及绿帘石和碳酸盐	绿帘石化，微量碳酸盐
磁铁矿	增加	大部分黄铁矿化
A-K-C-F A: Al K: K, Na C: Ca, Mg F: Fe, Mg		
细脉充填物	石英—磁铁矿—黄铁矿、有或无石英—绢云母—方解石外壳	石英—钾长石—绢云母—绿帘石、微量磁铁矿、黄铁矿、辉钨矿。

勘探后的进一步研究

克拉马祖矿床的探明证实了对圣马组埃矿床地质构造、热液蚀变等方面的认识基本是正确的，同时也为进一步全面深入的研究圣马组埃—克拉马祖的热液蚀变和矿化作用提供了条件。

热液蚀变

圣马组埃—克拉马祖的热液蚀变和矿化分布于二长斑岩脉群的中部，蚀变带和矿化带为同轴对称。为了更好地反映各蚀变带的特点及易于表达，将过去的内蚀变带、石英—绢云母蚀变带、青盘岩蚀变带大致相应地改称为钾蚀变带、似千枚岩蚀变带、青盘岩蚀变带。并在后二个带之间划分出一个窄的不连续的泥岩化带。泥岩化带的主要蚀变矿物是高岭石和蒙脱石。这个带中黄铁矿比较普遍但与似千枚岩化带相比其含量有所减少，一般呈细脉状产出。

值得提出的是在钾蚀变带可见到少量的硬石膏、碳酸盐及磷灰石。硬石膏比较特殊，量虽不多但分布却很广泛，呈肉红色或浅紫色。它不是交代矿物，呈粒状产于富含石英—钾长石的裂隙细脉和微细脉中，微细脉切割了一些岩石中的钾长石颗粒。

各蚀变带的矿物变化、共生组合及垂向变化见下表及图8。

表中代号说明：

ab钠长石 anh硬石膏 ap磷灰石
bi黑云母 bn斑铜矿 car碳酸盐 cp黄铜矿
chl绿泥石 ep绿帘石 kaol高岭石 k-spar钾长石
mag磁铁矿 mb辉钼矿 mont蒙脱石 py黄铁矿 rt金红石
ser绢云母 trace wf微量钨铁钨矿 zo黝帘石

矿化作用垂向变化

低品位中心：硫化物矿物的总含量和铜的含量随着深度的增加而减少，矿化的特点也随深度而变化，虽皆为浸染状分布，但上部呈细粒状而向下变为较粗的泡状颗粒。

矿带：铜的品位上部下部变化极小，但黄铜矿的颗粒向下变为以泡状形式为主，呈浸染状。

边缘矿化带和黄铁矿带：矿化作用的垂向变化不大，但在底部大部分的黄铁矿为磁铁矿所取代。

此外，辉钼矿在各蚀变带的分布也有

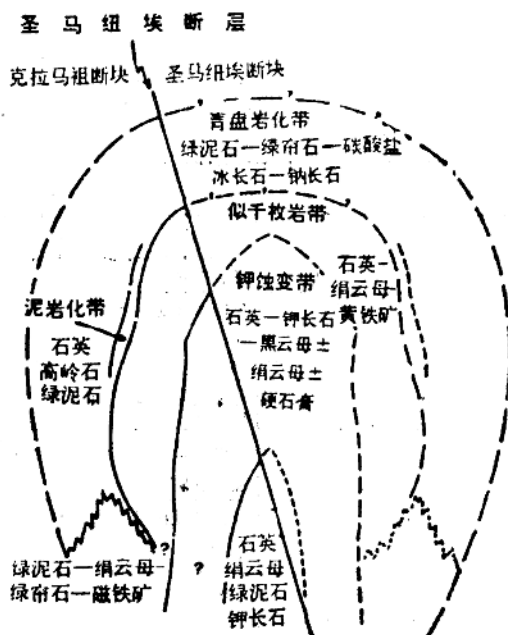


图8 圣马组埃—克拉马祖同心状蚀变带

(图中断线，在克拉马祖代表未定界线或位置，在圣马组埃部分为根据克拉马祖外推的界线)

所不同。辉钼矿主要出现在钾蚀变带及似千枚岩带中，但当深部的蚀变组合开始出现并变得重要时，辉钼矿逐渐消失。矿带的中部辉钼矿有富集的趋势，但该带的上部及下部辉钼矿的含量较低。上述变化见图9。

（注：在图中，边缘矿化带包括在黄铁矿矿带中。）

〔摘自《国外地质资料选编》
73年（九）〕

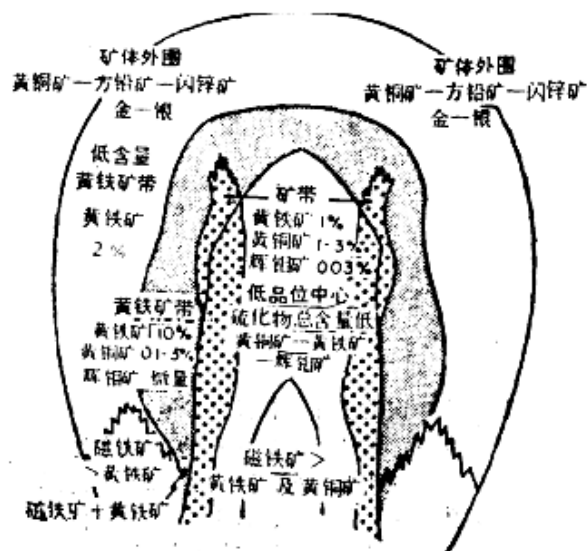


图9 圣马纽埃-克拉克马祖矿化带示意图

巴布亚和新几内亚地区富比兰山 (奥克·特迪)斑岩铜矿床

绪 言

富比兰山矿床的研究为获得非常年轻的斑岩铜矿资料提供了极好机会。八个钾-氩测定测出深成矿化作用的视年龄为120万年。这个地质上年轻的主要好处在于该矿床及其环境遭受后来地质作用的改变最小,除了小的断裂活动之外,矿床及其容矿岩石的变化似乎只限于受地表或表生作用(如侵蚀、硫化物次生富集作用以及有关现象)的影响。

本文关于区域地质环境的资料(仅根据政府和公司地质人员踏勘工作所得的不完备的资料),为从板块构造假说角度研究斑

岩铜矿矿化作用与非常年轻造山带的构造演化的可能关系提供了依据。

岩性、蚀变和硫化物矿化作用的描述是以薄片和光片研究(包括采自钻孔岩心组分的重矿物的光学研究)、有限的X射线衍射鉴定以及100,000英尺以上的金刚石钻进勘探钻孔岩心系统编录为基础的。目前正在对该矿床进行详细研究*。

矿床的位置及其发现

富比兰山矿床位于东经 $141^{\circ}8'14''$ 和南纬 $5^{\circ}12'27''$ 处,在新几内亚岛的巴布亚的西北端,靠近弗来河上游的斯塔尔山的南坡上,在西伊里安与巴布亚分界线以东大约9.5英里处(图1)。

富比兰山矿床是在配备有直升飞机的初次踏勘时被发现的,此项工作于1968年4月在巴布亚西部地区开

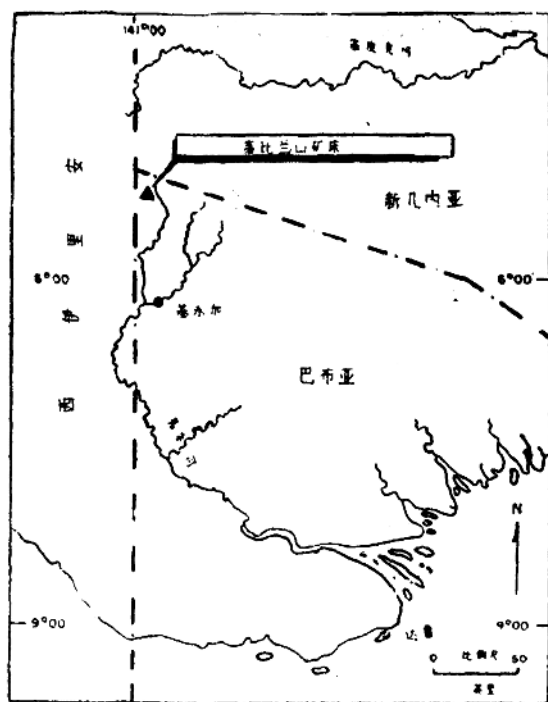


图1 富比兰山(奥克·特迪)斑岩铜矿床位置

*据美国《世界采矿》1974年第2期报道,钻探证实矿石储量为1.61亿吨,铜平均品位约0.75%,金约0.5克/吨。
——地科院情报所编者

始。1968年6月在奥克·特迪流域开始取样。含铜矿化岩系的存在，首先由在河流转石中找到的含黄铜矿的块状磁铁矿得到证实，后来又被河流沉积物中的异常铜含量所核实。矿化转石最初是在流经富比兰山以南大约3公里处硫化矿体系的南部边缘的小溪中找到的，以后在富比兰山以东大约3公里处与“磁铁矿”溪汇合处的奥克加洛尔河中找到。在这个地区，“磁铁矿”溪虽然流经整个主要矿区，而转石中缺乏明显的矿化作用证据。地质人员顺着奥克加洛尔河中的矿化转石一直追索到硫化矿体系北侧的“硫化物”溪，1968年6月在那里找到了块状硫化物和磁铁矿矿化露头。穿越分水岭到“磁铁矿”溪的地质路线，结果发现了与富比兰山斑岩更为紧密伴生的块状磁铁矿矿化。1969年2月24日着手用金刚石钻探检查块状硫化物和块状磁铁矿矿化。

到1968年晚期，在河床中出露的侵入岩露头中缺乏典型的多雨地带森林以及被氧化的硫化物的发现引起了对富比兰山本身的兴趣。1969年2月在该山顶上修建了一个直升飞机场，从而揭露出含有大量石英细脉和硫化物氧化后的褐铁矿的斑岩状侵入岩。于是对侵入体进行了测绘，并且在能得到大型直升飞机将钻机运至现场时，马上就作出了对此目标进行钻探的决定。

富比兰山第一个钻孔是在1969年8月3日开钻的。钻孔穿过199英尺氧化帽，然后进入高品位含铜硫化矿。1970年初开始了一项庞大的钻探勘查计划，并且于1971年10月完成。在此期间，该项目完成了总进尺超过100,000英尺的由直升飞机支援的金刚石钻探工作。

富比兰山及其周围地区的地质

区域构造位置

富比兰山矿床位于北西西走向的大约40英里宽的褶皱带或构造带内，其中第三纪和较老的沉积岩多半为未受区域变质影响的灰岩和中粒-细粒碎屑岩，这些岩石已广泛地遭受褶皱、断裂，并为上新-更新世小的浅成岩株所侵入。该褶皱带沿着看来是两个大的地质区之间的基底断裂带或过渡带的南缘发育，南部为澳大利亚陆台陆缘的延伸部分，北部是大洋优地槽或古岛弧环境的特征岩石。盖有具陆架环境特征的沉积岩系的花岗岩基底的存在（据1961年澳大利亚石油公司所打一些石油勘探钻孔），表明了南部地区具有陆缘的性质。

过渡带和北部可能的海洋区的地质情况与陆缘区有明显的不同。紧邻该褶皱带北侧并平行该褶皱带，发育有经受紧密褶皱和绿色片岩相变质作用的地带，在沙特伯格山区具有高压（蓝片岩相）变质岩形成的一个走向相同（北西西）的明显的狭长的亚带。再向北，大致在向东流的塞皮克河与沙特伯格山之间的地区内，是一个由侵入体和局部变质的（可达角闪岩相）火山岩和地槽沉积物的东西走向地带为主的火成-变质带。从早-晚中新世的各种变质岩和侵入岩的钾-氩年龄（不包括蓝片岩）多在12—15百万年（中中新世）之间。有一条宽约15英里的主要是东西向的断裂带把北部的火成-变质带与南部的蓝片岩和绿色片岩分开。该断裂带北部以弗来达断层为界，南部以拉盖普断层为界，其内有超基性岩和绿色片岩的变质岩的条块。弗来达和延德尔拉是上述中中新世侵入体分布带内已知的另外两个铜矿远景区。一般认为这个侵入体分布带从西伊里安边界附近的弗来达远景区一直延伸至赫翁湾的来城南侧地区。

矿区地质情况

沉积岩：出露在包含富比兰山矿床的褶皱带内的沉积岩，其时代可以从中生代至上新

—更新世。其中绝大部分，大概包括被富比兰岩株和伴生侵入体侵入的岩石，主要是渐新世直到中新世的细粒碎屑岩和灰岩。对地层顺序的了解是不够的，但是形成兴顿堡壁的悬崖的大约3,000英尺厚的块状—厚层状灰岩被认为相当于第三纪底部岩系。在褶皱带南缘富比兰山以南大约4英里处，出露着包括有厚约1,000英尺的形成峭壁的灰岩的大概属于上新—更新世的岩石断面。除了局限于侵入体周围的接触变质带以外，这些岩石未受变质作用的影响。

在矿床周围出露有大约3,000英尺厚的沉积岩层，并且是矿化侵入体主要围岩。这些沉积岩是由大致厚度相等的三组岩石组成的：下部为互层状粉砂岩和砂岩，中部为含有大量珊瑚和苔藓化石的较纯的灰岩（酸不溶残余物小于10%）；上部为互层状粉砂岩和砂岩。灰岩的时代为渐新世到中新世，但是它的地层层位与该褶皱带内其他相似年代的灰岩的关系是不清楚的。下部碎屑岩层和灰岩之间的接触关系局部表现为冲断层（图2），而且可能全部具有冲断层性质。

侵入岩：在富比兰山矿床周围10英里范围内见有十二个单独的侵入体，而在该褶皱带内沿走向更远一些以及向北，还找到许多其它的侵入体。这些侵入体沿着组成该褶皱带的大的、开阔的、北西西走向褶皱的轴部和翼部不规则地分布，特别是分布在背斜中。多数侵入体为小的复杂的浅成岩株，在平面上呈等轴状到卵圆形，露头区面积1~4平方英里。少数侵入体，如弗鲁山、安州山和矿化的富比兰山岩株显然是强烈侵位的，这些岩株拱起了被其所侵入的沉积层，一般含有边缘侵入角砾岩，并且是由很细粒的岩石组成的。这些岩株以南和以西范围广泛的年轻火山碎屑岩的存在以及岩株具有明显的似筒状或圆柱状外形，说明某些岩株可能是被侵蚀的火山道。

侵入岩一般为石英闪长岩和花岗闪长岩，或者是相当于这些岩石的缺少石英的和（或）细粒状的岩石。镁铁质矿物一般为辉石和普通角闪石，其含量很少超过10~20%（按体积）。然而，在富比兰山以北4英里的伊恩山，已填绘了一个辉石辉长岩体。含钾较多的岩石，如二长岩，只在富比兰山和伊恩山较少地区可以看到。火成岩的钾长石含量看来是该区与矿有关的侵入体的一个有效标志。

富比兰山地区的大多数浅成岩株的侵位和固结作用，根据放射性测定的年龄和在有限程度上根据交切关系可以推测性地定为距今不到500万年。根据采自富比兰山以北大约14英里处的未矿化岩株的普通角闪石测定的钾—氩年龄为470万年，另外两个大约190万年的钾—氩年龄是从伊恩山的黑云母（可能是次生的）测得的。富比兰山矿床中最晚的热变质年代，侵入和（或）矿化作用年代，根据8个钾—氩法测定结果定为120万年。安州和弗鲁山两个侵入体穿过的岩石可能为上新—更新世的岩石。

构造：在富比兰山矿床所处的褶皱带内所初步认出的大型构造为西到北西走向的褶皱和断层。许多断层可能为南到南西向的低角度逆断层。其他的主要构造（象换断层和诸如重力断层的那种开张构造），走向北和北北东。一条明显的北北东走向的由重要的小侵入体集中而可以划定的构造线，穿过了富比兰山矿床，并且在控制铜矿化位置方面可能具有重要作用。同样沿该走向产出的还有伊恩山远景区（向北4英里）和提弗耳明远景区（较不肯定，在向北16英里处），这些是该区仅有的另外的已知矿化中心。

矿床所在地区的主要构造特征是富比兰岩株周围的沉积岩的穹形隆起（图2和3），这可能是强烈侵入的标志。这个穹隆部分地叠加在东西走向的背斜轴上。该区内已填绘的和根据照片解释的断层、剪切带和密集节理带的主要方向，都是北北西到北东向的。多数构造似