

文章编号: 1004-5589 (2011) 02-0145-09

## 菲律宾北甘马仁省拉惹普 (Larap) 铁铜钼矿床 地质特征及成因

陈建民

中国冶金地质总局二局, 福州 350001

**摘要:** 拉惹普 (Larap) 铁、铜钼矿床产于菲律宾板块俯冲吕宋岛被动陆缘的岛弧造山带上, 处于菲律宾中央走滑断裂带近旁。含矿层位于古近纪渐新世晚期蚀变安山岩、角砾岩和古新统的角岩、角岩化页岩的喷溢角度不整合面的追踪断裂带上。大面积的安山岩、角砾岩的褪色化和带状展布的灰绿色热液交代蚀变岩系, 矿体产于蚀变带中, 呈似层状、透镜状; 铁矿体在上部层位, 铜钼矿体在铁矿体下部, 与贫磁铁矿相伴产出; 铁矿体伴生铜、钼, 铜钼矿体又伴生铁、金、银和钴等, 矿石中的金属矿物以磁铁矿为主, 其次有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、磁黄铁矿、沥青铀矿和自然金等。元素组合除铁、铜、钼外, 还有金、银、钴和铀等, 与奥林匹克坝、Candelaria (智利) 的氧化铁型 (IOCG) 铜金矿床类比, 拉惹普矿床成因属于氧化铁型铜钼金矿床新类型。

**关键词:** 菲律宾; 拉惹普; 地质特征; 氧化铁型铜钼矿

中图分类号: P618

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1004-5589.2011.02.001

## Geological characteristics and genesis of iron-copper-molybdenum deposit in Larap of Camarines Norte , Philippines

CHEN Jian-min

No. 2 Branch of China Metallurgical Geology Bureau , Fuzhou 350001 , China

**Abstract:** Larap iron-copper-molybdenum deposit is formed in the island arc orogen of Luzon passive continental margin which is subducted by Philippine Plate , and located near Philippines central strike-slip fracture zone. The mineral-bearing layer is situated on tracing fracture zone of outpouring angular unconformity between altered andesite and breccia in upper Oligocene and hornfel and hornfel shale in Paleogene. Large area of faded andesite and hornfel and zonal distributed grey-green hydrothermal fluid are metasomatized with altered rock series , the ore-body is formed in such alteration zone with laminipantation and lense shapes. Iron orebody is located in upper layer , while the copper-molybdenum ore body is located in lower layer of iron orebody together with lean magnetite. The iron orebody associates with copper and molybdenum , the copper-molybdenum body associates with iron , gold , silver , cobalt and others. Magnetite is the dominant metallic mineral in the ore , secondly are pyrite , chalcopyrite , molybdenite , pyrrhotite , uraninite , nature gold and so on. Besides iron , copper and molybdenum , other element combinations include gold , silver , cobalt and uranium. Compared with Olympic dam and Candelaria ( Chile) iron

收稿日期: 2010-01-24; 改回日期: 2011-05-14

基金项目: 财政部海外风险矿产勘查项目

oxide copper-gold deposits, Larap deposit belongs to a new type of iron oxide copper-molybdenum-gold deposit.

**Key words:** Philippines; Larap; geological characteristics; iron oxide copper-molybdenum deposit

## 0 引言

拉惹普 (Larap) 铁矿是菲律宾开采历史比较久的铁矿床, 富铁矿采完闭坑。据前人资料该矿床为矽卡岩型铁矿, 共伴生有铜、钼矿<sup>[1]</sup>。铜、钼矿在过去的工作中没有得到足够重视, 工作程度不高。笔者参与该矿区的地质勘查工作, 并对该矿床地质特征及成因类型重新认识, 与南美地区的铁氧化物-铜-金 (IOCG) 矿床类比, 拉惹普 (Larap) 铁铜钼矿床应属铁氧化物-铜-钼-金 (IOCG) 矿床。

## 1 区域地质背景

拉惹普 (Larap) 矿床位于菲律宾板块俯冲吕宋岛被动陆缘的岛弧造山带上, 侏罗—白垩纪为主要俯冲期。根据大量的海底地球物理测量, 以及台湾、菲律宾吕宋岛的地面地质测量<sup>[2]</sup>, 认为南中国海在古近纪开始扩张, 古南海板块沿巴拉望海槽和马尼拉海沟向东翻转俯冲, 在吕宋岛形成了反向俯冲带, 和菲律宾海槽俯冲带共同组成双海沟系, 在双俯冲带的上盘同样形成了双岛弧造山带。古近纪始—渐新世, 陆缘岛弧伸展拉张, 菲律宾中央大断裂呈北西走向, 左行走滑, 相对于菲律宾海沟断裂构造差异运动, 使得包括拉惹普在内的广大的达瓦罕地区处于拉张转换部位 (图1)。形成了以北西向为主的和派生的次一级近东西向、北东向和近南北向断裂构造体系, 为矿床就位提供了有利空间。已知的铁、铜、金等多金属矿产与离海沟俯冲带不远的高位浅层侵入或火山喷出的岛弧带息息相关<sup>[3]</sup>。

区域地层由老到新有前白垩系 (PRE) 的高角闪岩相片岩和钠长石-绿帘石、角闪石片岩; 白垩系上统 (TF) 杂砂岩、黑色凝灰质页岩夹杂细碧岩、燧石岩, 在其上有一套 (UC) 超基性杂岩即为蛇纹石化橄榄岩、辉石岩、辉长岩和变闪长岩互层, 与下覆 (PRE) 岩层呈角度不整合。古新统 (UF) 砾岩、中细粒长石石英砂岩、钙质、凝灰质粉砂岩、页岩夹大理岩化灰岩, 与下覆 (TF、UC) 地层呈角度不整合接触。渐新世晚期 (Lav)

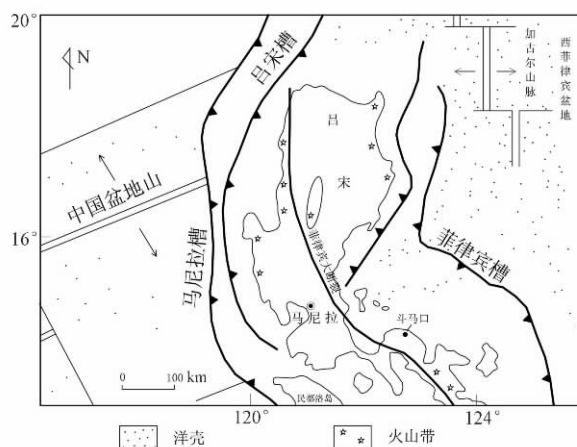


图1 吕宋岛双火山岛弧链位置略图

Fig. 1 Location map of double volcanic island arc in Luzon Island

为蚀变安山岩、安山质熔岩、角砾岩和凝灰岩。中间缺失始新统地层, 与下覆 (UF 组) 地层呈喷溢不整合或断层接触。

在菲律宾中央大断裂构造作用下, 主构造线呈 NW 向展布, 以拉惹普复式倒转向斜构造为主体, 轴向北西, 长达 25 km, 核部为 (Lav 组) 安山岩、闪长玢岩等次火山岩、火山碎屑岩; 两翼为 (UF 组) 砾岩、砂岩及页岩组成。往东轴向逐渐转为东西走向。断裂构造发育, 北西向断裂位于褶皱轴部和翼部, 为纵向 (先压扭后张扭) 张扭性, 控制了本区闪长 (玢) 岩的侵入, 翼部断层往往与 (Lav) 安山岩、角砾岩和 (UF) 页岩角度不整合接触带追踪产生, 与热液交代蚀变及成矿关系密切; 北东横向断裂显压扭性质, 破碎带宽窄变化大, 局部有含金石英脉充填其中。

该区岩浆侵入活动主要有两期: 新近纪中新世的闪长 (玢) 岩体大小共有 9 处, 呈长条状、椭圆状岩株产出, 最大的是 (Dagang) 岩体, 在东部复式倒转向斜的北翼, 初步勘查已确认为斑岩型铜钼矿的成矿母岩。另一期为古近纪渐新世的花岗闪长岩体 (Paracale), 侵入于东北部海岸边的老地层中 (PRE、TF), 巴拉贡金矿产于岩体之中。

拉惹普铁、铜钼矿床就产于复式倒转向斜构造

的西北转折端部位, Lav 蚀变安山角砾岩与 UF 组砾岩、砂岩及页岩的角度不整合接触带上的追踪断裂带中。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 地层与构造

矿区地层及构造格局简单, 主要是古近系渐新上统 Lav 组蚀变安山岩、安山质角砾岩和凝灰岩, 下统缺失, 与下伏地层古新统 UF 组呈缓倾斜的角度不整合或断裂接触。UF 组上段由砾岩、细—中粒长石砂岩、凝灰质砂岩和页岩组成, 下段为结晶灰岩、泥灰岩和钙质页岩, 主要分布在矿区东部边缘。西部为 Lav 组蚀变安山岩, 夹杂在二者之间的呈北北西向展布的是不整合面追踪断裂构造绿色蚀变带, 铁矿及铜、钼多金属矿体均产于强蚀变矿化带之中 (图 2)。绿色蚀变带与 UF 组界线清楚, 以泥岩、页岩角岩化为标志, 界面倾向西, 倾角为  $25^{\circ} \sim 50^{\circ}$ , 向深部有变陡的趋势, 向西与褪色蚀变安山岩呈过渡关系。

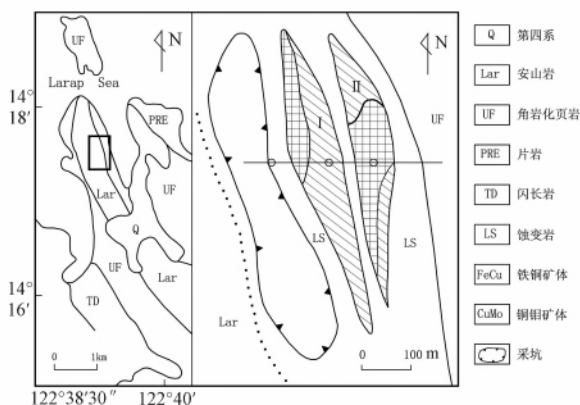


图 2 Larap 铁铜钼矿床地质略图

Fig. 2 Schematic geological map of Fe—Cu—Mo deposit in Larap

### 2.2 围岩蚀变

矿区中围岩蚀变强烈, 不同部位有不同的表现, 大致分布为西部广大地区的安山岩、安山角砾岩普遍是以钠化为主的褪色蚀变, 偶尔出现高岭土—蒙脱石化等蚀变, 呈不规则的面状分布; 东部的 UF 组接触带上灰紫色泥岩、页岩蚀变为角岩或角岩化, 褪色为灰—灰白色, 隐晶—微晶质结构。矿区中部沿北北西向的火山喷溢角度不整合面追踪断裂

构造带上, 发育灰绿色的强蚀变带, 分布长 2 km, 贯穿矿区并延至区外, 宽度 32 ~ 240 m 不等, 与下伏角岩界限清楚, 与蚀变安山岩、安山角砾岩呈渐变过渡关系。带中蚀变矿物以钠长石、透辉石 (阳起石)、绿泥石、绢云母、金云母、石英和方解石为主, 偶尔可见透闪石、绿帘石、磷灰石和霏细石出现, 铁、铜和钼矿体集中产在绿色强蚀变带中, 大致呈上铁、中铜、下钼的分布, 对应不同的蚀变。

**钠长石化** 安山岩、安山角砾岩中普遍出现以钠长石—透辉石 (阳起石) 组合的钠长石化和从属的绿泥石、绿帘石化现象, 少见有磷灰石和方解石出现。其蚀变表现为安山岩中斜长石斑晶被钠长石交代, 角闪石、黑云母被低铁阳起石、绿泥石交代, 颜色由暗灰绿色变浅灰—乳白色, 呈交代残余斑状结构, 局部强烈地段为不均匀的细—微不等粒状变晶结构。

**阳起石—绿泥石化** 阳起石化主要发生在蚀变带中部, 与磁铁矿构成致密块状、浸染状、条带状或脉状矿石, 局部有金云母化叠加, 有绿泥石、绿帘石、透闪石化出现, 磁铁矿化与之紧密伴生。

**金云母化** 金云母呈团块状集合体、脉状或浸染状分布在蚀变带中, 与磁铁矿、透闪石组成斑杂状、浸染状矿石, 常与钾长石化、硅化叠加, 并伴有黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿出现。

**钾长石化** 近铜钼矿体的安山角砾岩的残余斑晶被钾长石交代, 偶见有石英—金云母—钾长石细脉, 相伴有辉钼矿化出现。常与硅化、碳酸盐化和黄铁矿化交织迭加在一起, 往往铜钼矿化比较富集。

**绢云母化** 呈细小鳞片状集合体, 不规则浸染状、团块状分布, 常与硅化石英岩相伴出现, 黄铁矿化浸染其中。

**硅化** 常以粒状和脉状石英增多为特征, 硅化强烈, 时常伴随有绢云母、金云母、钾长石和方解石出现, 前者组成绢云母 (金云母) 石英岩, 后者常相伴石英细脉出现。与黄铁矿、黄铜矿及辉钼矿关系密切。

**碳酸盐化** 方解石常呈细脉状、团块状和分散粒状与硅化、绢云母化叠加出现, 金属硫化物黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿相伴出现。

### 2.3 放射性异常特征

根据前人资料记载绿色蚀变带有放射性异常出现。经过矿区放射性地质调查,共发现伽玛异常点27处,异常带一条。主要分布在UF组和Lav组不整合面附近,异常带与铜钼矿体部分重叠,断续长100 m,宽为3 m,一般为 $(50 \sim 80) \times 10^{-6}$ ,最高达 $1256 \times 10^{-6}$ 。经铜钼矿石岩矿鉴定,发现沥青铀矿物,呈显微粒状(0.02 mm)、粉末状和胶状与硫化物共生,分布在硅化石英矿物颗粒间或微裂隙之中。

### 2.4 矿体特征

拉惹普铁、铜钼矿床共圈定有各类矿体18个,其中铁矿体3个,铜、钼矿体大小共15个。从展布空间上看,铁矿体产于绿色蚀变带上部,铜和钼矿体产于铁矿主矿体下盘的贫磁铁矿和绿色蚀变带中,与铁矿体大致平行产出。铁矿主矿体为北北西走向,呈似层状、透镜状,长200~280 m,宽20~50 m,斜深为:80~160 m,倾向西,倾角 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ,富矿段已采空。铜钼矿主矿体为I、II、III号,产于铁矿体下部一定距离,呈似层状、透镜状平卧产出于钾化、硅化、碳酸盐化较强的绿色蚀变岩中,走向为北北东,倾向南西西,倾角 $29^{\circ} \sim 42^{\circ}$ ,从南到北逐渐变陡。走向长91~274 m,宽度为50~415 m,厚度3.8~51 m,最厚达80 m,I、II号铜钼矿体部分出露地表,III号铜钼矿体为隐伏矿体,II号矿体位于I号矿体之下8~10 m处,近矿围岩及夹层间为含铜、钼、铁的强蚀变的安山角砾岩,矿体与含矿绿色蚀变岩系呈渐变过渡关系,矿体边界用化学样品区分(图3)。

### 2.5 矿石特征

#### 2.5.1 矿物成分

组成铁矿石的矿石矿物以磁铁矿为主,其次有赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿和磁黄铁矿等;组成铜、铜钼矿石的矿石矿物以磁铁矿、黄铜矿、辉钼矿和黄铁矿为主,其次有赤铁矿、磁黄铁矿和沥青铀矿出现。

**磁铁矿** 钢灰色-黑色,金属光泽,以自形-半自形晶粒状结构为主,粒径0.05~1.2 mm,与脉石矿物紧密嵌布,多呈稠密浸染状和浸染状构造,局部为块状、条带状构造。常与黄铁矿、黄铜矿和赤铁矿共生,被后者交代现象普遍。

**黄铜矿** 铜黄色,金属光泽,呈半自形-他形

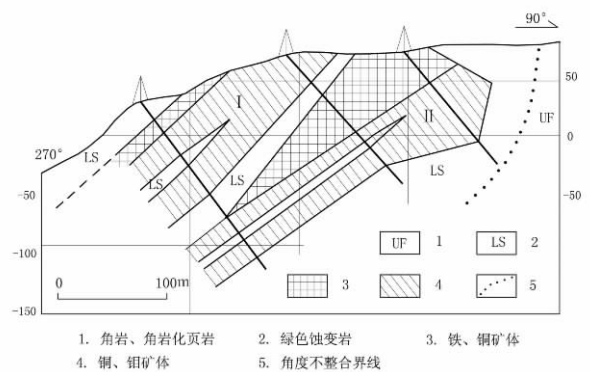


图3 Larap 铁铜钼矿床4150地质剖面略图

Fig. 3 4150 geological section outline of Fe-Cu-Mo deposit in Larap

晶粒状结构,粒径0.1~3 mm,斑点状聚晶结构,交代熔蚀结构,即黄铜矿、黄铁矿及辉钼矿交代磁铁矿,黄铜矿交代残余磁黄铁矿、黄铁矿。黄铜矿是最重要的铜矿石,是提炼铜的主要矿物原料。

**辉钼矿** 灰色-钢灰色,金属光泽,呈他形晶片状-鳞片状集合体结构,单晶片径一般为0.3~3 mm,最大可达12 mm。辉钼矿交代磁铁矿,与黄铁矿和黄铜矿紧密共生。

**黄铁矿** 黄色,金属光泽,呈半自形-他形晶粒状结构,粒径0.2~2.2 mm,交代熔蚀结构,与磁铁矿、黄铜矿和辉钼矿紧密共生。

**磁黄铁矿** 以青铜黄色与黄铁矿区别,呈他形粒状集合体形式产出,粒径0.2~3 mm,与磁铁矿和黄铜矿紧密共生,并交代磁铁矿和黄铁矿。

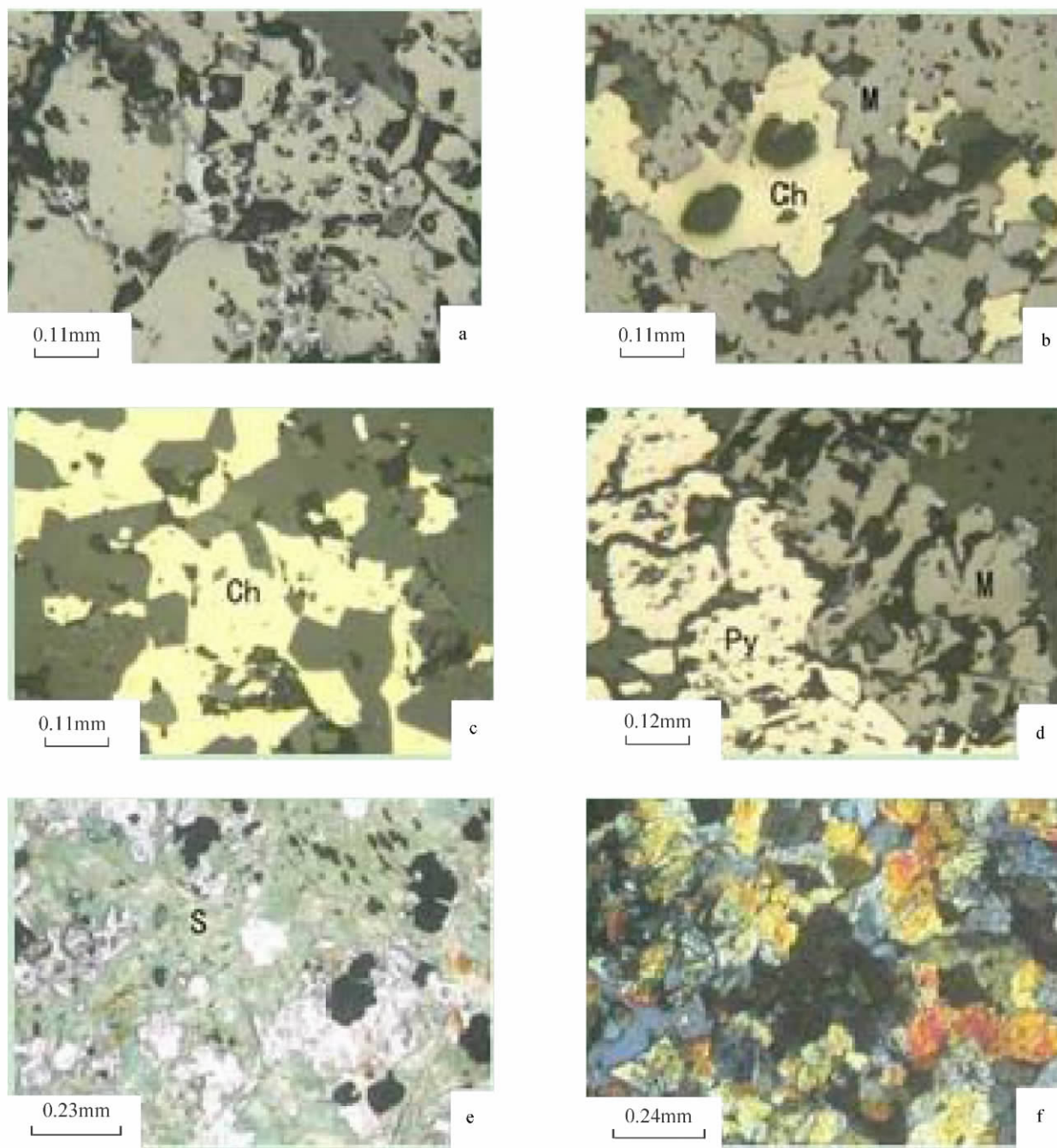
**沥青铀矿** 呈显微粒状、粉末状和胶状结构,与金属硫化物共生,分布在硅化石英颗粒之间或微裂隙之中。

**脉石矿物** 以钠长石、阳起石、绿泥石、黑云母、绢云母、石英和方解石为主,其次还有绿帘石、透辉石、钾长石、方柱石、磷灰石和硝石等。

#### 2.5.2 矿石结构、构造及共生组合

**矿石结构** 矿石中磁铁矿多以自形-半自形晶粒状结构为主,黄铜矿和磁黄铁矿多呈他形晶或交代溶蚀结构,或呈斑点状聚晶不规则浸染于脉石矿物中,辉钼矿呈他形晶片状或鳞片状集合体散染在矿石中,黄铁矿以半自形-他形晶粒状嵌布于矿石中,黄铁矿呈自形晶浸染于脉石矿物,偶尔见有细脉状产出,少数见于矿体的上、下盘。交代结构发生于黄铜矿、黄铁矿及辉钼矿交代磁铁矿,黄铜矿





a. 微细的赤铁矿 (白色) 沿磁铁矿粒间边缘充填交代; b. 不规则状黄铜矿 (Ch) 沿稠密浸染状磁铁矿 (M) 的粒间充填; c. 细粒黄铜矿 (Ch) 呈浸染状嵌布在脉石中; d. 不规则状黄铁矿 (Py) 集合体沿磁铁矿 (M) 边缘嵌布; e. 绿泥石 (绿色) 化的黑云母 (S) 与微细粒钠长石 (无色透明) 混杂共生; f. 粒状透辉石 (彩色) 集合体; (黑色~孔洞)

图4 拉惹普铁、铜钼矿床矿物显微照相

Fig.4 Micrography of minerals in Larap iron-copper-molybdenum deposit

表2 矿石光谱全分析结果表  
Table 2 Spectra analysis result of ores

样号	Fe	Cu	Mo	Co	Ni	P	S	Mn	Ti	V	Pb	Zn	Sr	Rb	Zr	Au	Ag
L1	30.07	0.14	0.01	0.01	0.02	0.28	2.86	0.098	0.178	0.014	0.02	0.01	0.025	0.04	0.005	0.12	1.1
L2	36.21	0.181	0.08	0.01	0.014	0.21	2.01	0.072	0.106	0.019	0.019	0.008	0.07	0.016	0.003	0.21	1.00
L3	12.24	0.632	0.102	0.01	0.08	0.28	1.86	0.145	0.374	0.015	0.16	0.011	0.096	0.08	0.016	0.34	4.5

注: Au Ag: g/t, 其他元素: %; 分析单位: 长沙冶金设计院.

3 矿床成因

3.1 矿床类型归属

铁氧化物铜金型 (IOCG, Iron-Oxide Copper Gold Deposits) 矿床是近年来才被国内认知的, 在国外已经成为一种重要的铜金矿床勘探类型<sup>[4 5]</sup>。Hitzman 等于 1992 年提出了铁氧化物 Cu—U—Au—REE 矿床的概念<sup>[6]</sup>, 奥林匹克坝超大型铜—铁—金—铀矿床 (20 亿 t 矿石, 铁 35%, 铜 1.6%, U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0.06%, 金 0.6g/t, 银 3.5g/t) 为该矿床的典型代表。Sillitoe<sup>[7]</sup>和 CHEN H. Y.<sup>[8]</sup>论述了南美安第斯造山带中的铁氧化物铜金 (IOCG) 型及共伴生的铀—稀土元素矿床, 其典型特征为磁铁矿 (镜铁矿、赤铁矿) + 黄铜矿 + / - 斑铜矿, 含量高且归为一组, 主工业组分为铜金, 共伴生组分有铁、钴、铀、稀土元素、钼、锌和银等。

拉惹普 (Larap) 铁 (铜) 矿床和南美安第斯造山带中的铁氧化物铜金 (IOCG) 型矿床在时间、空间和类型上完全可以类比: 安第斯造山带中的铁氧化物铜金 (IOCG) 型矿床, 与洋壳俯冲背景下岛弧造山带的拉伸环境有关<sup>[7 8]</sup>。与拉惹普 (Larap) 铁 (铜) 矿床所处大地构造环境大致相同, 形成时代相近, 主要在中生代 (170 ~ 110 Ma), 少数在晚白垩世至古近纪的古新世; 断裂构造对成矿的控制类似, 安第斯造山带是由于洋壳板块俯冲边界产生的挤压应力场, 与岛弧造山带主体走向一致, 发生左行走滑和脆韧性变形, 形成了 N—S 向主干断裂系统及派生次级各方向的网状断裂, 本区 IOCG 矿床与 SN、EW 和 NE 向断裂构造有关。同样在菲律宾也发生了与岛弧造山带走向一致的中央大断裂, 呈北西走向, 左行走滑, 使得包括拉惹普在内的广大的达瓦罕地区处于拉张转换部位, 形成了北西向主干断裂及其派生的次级 NNW、

SN、NE 和 EW 向断裂, 拉惹普矿床就产于北北西向断裂带中, 与深成侵入岩体及同期活动的断裂有密切的关系<sup>[9]</sup>, 与含铜磁铁矿矿体密切相关的深成闪长岩类演化方向为闪长岩—辉长闪长岩—闪石 (玢) 岩。一些较大的复合型矿床则出现在距侵入体接触带 2 km 范围内的火山—沉积序列中。拉惹普矿床及其外围的闪长 (玢) 岩体大小共有 9 处, 呈长条状、椭圆状岩墙、岩株产出, 普遍伴有钠化等褪色蚀变。最大的是 (Dagang) 岩体, 距离矿床 5 km。与闪长岩—辉长闪长岩—闪石 (玢) 岩有关的 IOCG 型矿床, 接触热变质角岩带和接触交代岩 (钠—钙质或钾质蚀变) 带发育强烈。拉惹普矿床的围岩蚀变强烈且分带较明显, 安山岩呈不规则面形钠化褪色蚀变, 矿体集中产在绿色强蚀变带中, 矿体下盘围岩是热变质角岩和角岩化页岩, 特征对比如表 3 所示。拉惹普 (Larap) 铁 (铜) 矿床划归为铁氧化物铜金型 (IOCG) 矿床。

3.2 成矿演化作用

根据矿床产出地层时代和地质特征可以看出, 矿床形成至少有两个大的成矿期: 早期岩浆热液作用为主和晚期加入大气水的作用。

铁矿体和其下盘赋存的铜及铜钼矿体集中产于安山岩的角砾岩绿色蚀变岩带中, 其下盘为热变质角岩, 上盘为安山岩和安山角砾岩。在拉惹普 (Larap) 铁 (铜) 矿床有限的矿区内, 平面上如同“蝌蚪”形状。在矿区中部的 3950 线上, 前人共施工 3 个孔, 分别控制铁矿体及其下部的铜钼矿体, 东部的 DDB556 孔在打穿铜钼矿后, 在标高 - 50 m 的位置穿过蚀变接触带进入角岩 (UF 组), 而在向西 100 m 外施工的 DDB24 孔在 - 200 m 标高位置上尚未打穿绿色强蚀变带。连接发现, 剖面上呈半个“喇叭口”形, 在纵向上对比相邻剖面见矿标高也有高低变化, 且以 4150 线见矿标高最



低，整个绿色蚀变岩系为角砾岩带，推测在 3 950 ~4 150 m 范围可能有角砾岩筒存在，矿（化）体仅反映东部的半个喇叭口形，向西有对称分布的可能（已延出矿区外），在西南部已发现有矿化迹象存在。由于地处板块俯冲上盘的陆缘火山岛弧带上，活动频繁造成了多期次的地层角度不整合。古近纪时强烈的构造运动，伴随着岩浆活动，在渐新世迎来了 Lav 期安山岩、安山质角砾岩的喷溢，造就了 UF 组泥岩、页岩层之上的喷溢不整合接触，并伴有隐爆角砾岩筒产生。角砾岩成分以安山岩为主，夹杂有角岩和页岩角砾存在，虽已遭受深度蚀变，但还清晰可辨。大量的角砾岩厚层堆积成层，形成了区域性的渗透性好、化学活性强又富铁质的火山 - 沉积环境。到古近纪晚期陆缘岛弧伸展，菲律宾中央大断裂走滑，伴随强烈的次级断裂拉张，区域沿角度不整合构造继承性活动并有断裂构造追踪，大量的闪长岩体和花岗闪长岩体沿主构造线方向侵入。在拉惹普复式向斜的翼部，大小共有 9

处，呈长条状、椭圆状岩株产出，离矿区最近的闪长岩体不到一公里，最大的是（Darang）岩体，在东部复式向斜的北翼，已经确认为斑岩型铜、钼矿的成矿母岩<sup>[10]</sup>。就此可以推断拉惹普矿床铁、铜、钼矿成矿与该期闪长岩侵入关系密切。闪长岩、闪长玢岩上侵，含矿的岩浆热液流体上升，与大气水和丰富的海水混合形成了复合性交代热液流体，在深成岩体上侵热动力趋动下，在围岩中迁移，与安山岩、安山角砾岩和页岩发生广泛的水-岩反应。一方面使大面积的岩石发生（钠化）褪色化蚀变去铁、铜、钼作用，使矿质活化进入流体迁移；另一方面含矿热流体迁移到渗透性差的 UF 组页岩，在其屏蔽下，发生热变质形成更加致密的角岩或角岩化；而在渗透性好、活性强且富含钙镁的安山角砾岩带发生强烈双交代作用，形成了强蚀变的矽卡岩成矿带，使铁、铜钼等矿质选择性沉淀成矿。如磁铁矿中的变余角砾见有假象长石斑晶，角砾岩中常有磁铁矿条带和团块出现。

表 3 氧化铁型铜-金矿床基本地质特征  
Table 3 Basic geological characteristics of iron oxide copper-gold deposit

矿床类型	奥林匹克坝矿床	Candelaria（智利）	拉惹普（Larap）矿床
矿体形态	不规则管状、漏斗状和不规则块体	似层状、角砾筒状、脉状	似层状、不规则块体状、角砾筒状
矿物组合	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、沥青铀矿和金赤铁矿 > 磁铁矿	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、辉钼矿、闪锌矿和毒砂磁铁矿 > 赤铁矿	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、辉钼矿、沥青铀矿和金矿物磁铁矿 > 赤铁矿
元素组合	铁、铜、金、铀、银和稀土元素	铁、铜、金、银、钼、碲、锌	铁、铜、钼、钴、金、银和铀
蚀变类型	钾质蚀变（钾长石、黑云母、绢云母）	钠、钾质蚀变（钠长石、方柱石、钾长石、黑云母）	钠、钾质蚀变（钠长石、透辉石、钾长石、金云母、绢云母）
岩浆性质	钙 - 碱质中性到酸性岩浆活动	钙 - 碱质到碱性岩浆活动	钙 - 碱质中性岩浆活动
矿床规模	23.2 亿 t 矿石，平均 Cu 1.3%，U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> 0.04%，Au 0.5 g/t，Ag 3.6 g/t	4.7 亿 t 矿石，平均 Cu 0.95%，Au 0.22g/t，Ag 3.1 g/t	1100 万 t 矿石，Cu 0.56%，Mo 0.157%，Au 0.32 g/t，Ag 4.3 g/t，工作程度低，远景可观

4 找矿方向与标志

（1）拉若普矿床中的所有矿体均产于（Lav 组）蚀变安山岩、安山角砾岩与（UF 组）角岩的喷溢角度不整合接触带上的蚀变岩带中。在广大的达瓦罕地区这一喷溢角度不整合接触蚀变带标志明显，在距离拉若普矿床三公里的斗马可矿床就产于该接触带上。应沿接触蚀变带“顺层”找矿。

（2）在矿区 4150 ~ 3950 段推测有火山角砾岩筒构造存在，整个矿区为近南北向狭长的，近东西

向呈半个喇叭口形构造。矿区的西部探索到喇叭口对称部分，既“探西”、又“探底”追索找矿。

（3）蚀变安山岩的褪色化（地表表现为高岭土或蒙脱石化）和蚀变带上的碱性蚀变为特征，并伴有磁铁矿化、赤铁矿化和褐铁矿化出现。

（4）矿区内进行了放射性地质调查，发现了具有一定规模的异常和异常值高点，在今后的探矿工作中注意深部找铀。

（5）地磁异常带，特别是低缓磁异常和激电异常叠加区域。



## (6) 化探 Cu、Mo 异常区。

## 参考文献:

- [1] 菲律宾共和国必可地区矿产资源地质调查报告 [M]. 马尼拉: 地质科学与矿产部出版社, 1999: 1-231.  
Geological survey report of mineral resources in Bicol area, Philippines [M]. Manila: Bureau of Mines & Geosciences Press, 1999: 1-231.
- [2] Sierly M P, Stevens R K. The fault block overthrust of ophiolite at ancient, modern and future ages [J]. Geological Society Special Publications, 1984, 113: 303-319.
- [3] 王少怀. 菲律宾西必塔脉状金矿拉拉布矿床的浅层低温热液成矿作用 [J]. 地质找矿论丛, 2007, 22 (2): 93-99.  
WANG Shao-huai. Metallogenesis of vein-type epithermal Lalab gold deposit at Sibutad, Philippines [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2007, 22 (2): 93-99.
- [4] 张兴春. 国外铁氧化物铜-金矿床的特征及其研究现状 [J]. 地球科学进展, 2003, 18 (4): 551-557.  
ZHANG Xing-chun. Characters and research situations of iron-oxide copper-gold deposit abroad [J]. Earth Science Development, 2003, 18 (4): 551-557.
- [5] 李泽琴, 胡瑞中, 王奖臻, 等. 中国首例铁氧化物铜金钼-稀土型矿床的厘定及其演化 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21 (4): 258-260.  
LI Ze-qin, HU Rui-zhong, WANG Jiang-zhen, et al. Lala Fe-oxide-Cu-Au-U-REE ore deposit Sichuan China: an example of superimposed mineralization [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2002, 21 (4): 258-260.
- [6] Hitzman M W, Oreskes N, Einaudi M T. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposit [J]. Precambrian Research, 1992, 58: 241-287.
- [7] Sillitoe I R H. Iron oxide-copper-gold deposits: an andean view [J]. Mineralium Deposita, 2003, 38 (7): 787-812.
- [8] CHEN Hua-yong. The Marcona mine just a district, south-central Peru: implications for the genesis and definition of the iron oxide-copper (-gold) ore deposit clan: master's degree thesis [D]. Canada: Queen's University, 2008.
- [9] 毛景文, 余金杰, 袁顺达, 等. 铁氧化物-铜-金 (IOCG) 型矿床: 基本特征、研究现状与找矿勘查 [J]. 矿床地质, 2008, 27 (3): 267-277.  
MAO Jing-wen, YU Jin-jie, YUAN Shun-da, et al. Iron oxide copper-gold deposit: basic characters, research situation and mine exploration [J]. Deposit Geology, 2008, 27 (3): 267-277.
- [10] 陈建民, 陈学文, 张顺洋, 等. 菲律宾北甘马仁省巴拉嘎梨市阿古桑测区磁场特征与铁、铜找矿 [J]. 甘肃冶金, 2010, 32 (5): 119-123.  
CHEN Jian-min, CHEN Xue-wen, ZHANG Shun-yang, et al. Magnetic characters and iron-copper prospecting Agusan area, Paracale, Camarines Norte, Philippines [J]. Gansu Metallurgy, 2010, 32 (5): 119-123.