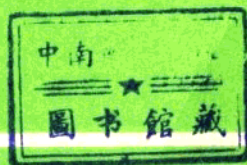


417206

# 出国技术考察报告

## 智利、秘鲁 斑岩铜矿考察

(内部资料、注意保存)



冶金工业部情报研究总所



出国技术考察报告

# 智利、秘鲁斑岩铜矿考察

(内部资料、注意保存)

冶金工业部情报研究总所

一九八〇年八月

## 前 言

冶金工业部于1979年8月4日派出了我们四位同志组成的斑岩铜矿考察组到智利、秘鲁进行技术考察。考察小组在秘鲁考察了秘鲁国家矿业公司所属塞罗维德 (Cerro-Veede) 铜矿,包括地质、露天采矿和堆浸—萃取—电积厂;美资南秘鲁铜公司所属夸霍内(Cuajone)铜矿、托克帕拉(Togupala)铜矿,包括这两个矿的地质、露天矿和选矿厂。在智利考察了国营铜公司(Codelco)所属丘基卡马塔(Chuguicamata)铜矿,包括地质、露天矿、选矿厂、粗炼厂、精炼厂和浸出厂,萨尔瓦多(Salvador)铜矿,包括地质、坑内采矿、选矿厂和冶炼厂;特尼恩特(Teniente)铜矿,包括地质、坑内采矿和选矿厂。国家矿业公司(Ehami)所属云塔那冶炼厂,包括粗炼厂和精炼厂;巴依堡德冶炼厂,包括粗炼厂和精炼厂。考察组于9月21日回国。

矿业是秘鲁经济的支柱,在秘鲁政治经济生活中占有极其重要的地位。矿业出口是秘鲁外汇收入的主要来源。

秘鲁南部是新兴的主要铜产地,安第斯山脉纵贯全境,矿产资源十分丰富,1960年以前南部矿区基本上没有开发。1960年,年产粗铜14.4万吨的托克帕拉铜矿建成投产,使同年秘鲁铜产量跃增至18.4万吨,标志着秘鲁现代化铜工业的开始。1976年,夸霍内铜矿建成投产,年产粗铜19万吨,1977年塞罗维德铜矿建成投产,年产粗铜3.3万吨,使秘鲁1979年全国的铜产量计划达40万吨/年。

智利是拉丁美洲矿业比较发达的国家,矿产资源丰富,尤以盛产铜和硝石闻名于世界。矿业是智利国民经济的主体,占出口贸易总额的90%,其中70%左右是铜。智利生产的铜,90%以上出口,其中40%运往美国。1978年智利产铜104万吨,其中80%为智利国营铜公司所属的四大矿山即丘基卡马塔、萨尔瓦多、特尼恩特及安第那铜矿所占有。

从智利和秘鲁矿山的采、掘、运输、选矿和冶炼等各个环节的工艺技术装备水平来看,属一般水平,但在某些方面有它先进之处。由于管理得比较好,全员劳动生产率较高。

为了使大家了解智利和秘鲁斑岩铜矿的情况,我们分专业,分厂、矿整理了这份材料,供有关同志参考。文内地质部分由朱关祥、采矿部分由穆毅、选矿部分由史继昌、冶炼部分有章顺英负责编写。由于考察时间较短,了解的情况和收集到资料不全,难免有错误和不当之处,请批评指正。

### 冶金工业部赴智利、秘鲁斑岩铜矿考察组

史继昌(北京矿冶研究总院选矿室)

穆毅(冶金部有色司矿山处)

章顺英(北京有色冶金设计研究总院冶炼科)

朱关祥(冶金部情报研究总所地质室)

王鸣春(冶金部外事司外联处)

一九七九年十一月

# 目 录

## 前 言

### 第一部分 地 质

|                     |      |
|---------------------|------|
| 一、矿床地质简况.....       | (1)  |
| (一) 秘魯塞罗·维德铜矿床..... | (1)  |
| (二) 秘魯夸霍内铜矿床.....   | (2)  |
| (三) 秘魯托克帕拉铜矿床.....  | (6)  |
| (四) 智利丘基卡马塔铜矿床..... | (9)  |
| (五) 智利特尼恩特铜矿床.....  | (19) |
| (六) 智利萨尔瓦多铜矿床.....  | (23) |
| 二、主要收获.....         | (29) |
| 三、几点建议.....         | (33) |

### 第二部分 采 矿

|                  |      |
|------------------|------|
| 一、概况.....        | (35) |
| (一) 塞罗·维德铜矿..... | (35) |
| (二) 夸霍内铜矿.....   | (36) |
| (三) 托克帕拉铜矿.....  | (38) |
| (四) 丘基卡马塔铜矿..... | (40) |
| (五) 特尼恩特铜矿.....  | (43) |
| (六) 萨尔瓦多铜矿.....  | (46) |
| 二、主要收获.....      | (47) |
| 三、两点建议.....      | (49) |

### 第三部分 选 矿

|                      |      |
|----------------------|------|
| 一、概况.....            | (50) |
| (一) 夸霍内选矿厂.....      | (50) |
| (二) 托克帕拉选矿厂.....     | (52) |
| (三) 丘基卡马塔选矿厂.....    | (57) |
| (四) 特尼恩特铜矿科仑选矿厂..... | (61) |
| (五) 萨尔瓦多选矿厂.....     | (64) |
| 二、主要收获.....          | (68) |
| 三、几点建议.....          | (70) |

## 第四部分 冶 炼

|                     |      |
|---------------------|------|
| 一、概况.....           | (72) |
| (一) 塞罗·维德堆浸萃取厂..... | (72) |
| (二) 丘基卡马塔冶炼厂.....   | (77) |
| (三) 波特勒利罗冶炼厂.....   | (87) |
| (四) 巴依堡德冶炼厂.....    | (90) |
| (五) 云塔那冶炼厂.....     | (93) |
| 二、体会与建议.....        | (95) |

# 第一部分 地 质

## 一、矿床地质简况

### (一) 秘鲁塞罗·维德铜矿床

#### 1. 概况

矿床位于秘鲁南部阿雷基帕市南24公里,海拔标高2600~2800米。为南秘鲁铜矿带的重要组成部分,也是秘鲁目前最大的斑岩铜矿床。

该矿最早为印第安人发现,后有美国阿纳康达及塞罗巴克公司勘探,求得铜矿石储量1.5亿吨,平均含铜1%。1970年秘鲁政府收归国有,1974年重新进行勘探,到77年11月正式投产。勘探期间共打钻78000米,通过五个千米深钻,进一步查明,原来的塞罗维德矿体和圣达罗莎矿体在深部相连。矿体长约2200米,宽800米,呈椭圆形。塞罗维德矿体以100×100米,圣达罗莎矿体以75×75米网度,控制深度500米,求得矿石储量12亿吨。平均含铜0.67%,其中9亿吨含铜在1%。上部氧化矿石0.61亿吨,含铜1%左右,该矿正进行第一期开采阶段(采氧化矿),采矿能力为2万吨/日,年产精铜3.3万吨。

#### 2. 矿床地质特点

矿区内出露的地层有前寒武纪片麻岩、古生代的沉积岩、侏罗纪巧克力(Chocolate)火山岩、苏柯沙尼(Socosani)石灰岩及尤拉(Yura)细碎屑岩。第三纪有各种火成岩侵入到上述岩层中。第三纪早期有闪长岩,接着是花岗闪长岩沿北西方向侵入,呈岩基产出,铜矿床即位于此岩基的东南端。花岗闪长岩有先后两期,早期为亚拉瓦姆巴(Yarabamba)花岗闪长岩,是岩基的主要组成部分。晚期为迪亚瓦亚(Tiabaya)花岗闪长岩。此后有英安斑岩、二长斑岩、石英二长斑岩等小侵入体沿北西向构造带分布,随后还有一连串电气石—石英角砾岩筒产出。

矿区构造以断裂为主,主要构造线方向为北西向,它控制了第三纪后的一系列小侵入体、角砾岩筒及矿化带的展布。东西向构造为次,一般表现为矿体的长轴方向。

英安斑岩、二长斑岩及石英二长斑岩小侵入体的侵入期为主要的成矿期,成矿时代为56.9百万年。矿体主要赋存在这些小侵入斑岩中,电气石—石英角砾岩筒中也有部分矿体,小部分矿体产在早期侵入的闪长岩、花岗闪长岩及前寒武纪片麻岩中。

矿床的围岩蚀变强烈,具有明显的蚀变分带。由中心向两侧依次可划分出钾化带、石英绢云母化带及青盘岩化带。各蚀变带的主要特点是:钾化带位于矿体的中心和深部,在塞罗维德矿体于地下100米见到,而在圣达罗莎矿体要在地下300米深处才见到该蚀变带。主要蚀变矿物有钾长石、黑云母、绢云母。金属硫化物有黄铁矿、黄铜矿及辉铜矿,呈浸染状。硫化物含量约2-4%,黄铜矿和黄铁矿的含量比一般为1:1。该带中原生矿石含铜0.2~0.6%,个别>1%。

石英绢云母化带包围着钾化带分布,蚀变带范围约4.5×1.0公里,和主矿体的范围大致一致。蚀变矿物有石英、绢云母。硫化物有黄铜矿、黄铁矿、辉铜矿,少量方铅矿、闪锌矿、辉钼矿,矿石大多呈细脉浸染状。硫化物含量4-7%,最高可达14%,黄铜矿和黄铁

矿的含量比为2:1到1:4, 愈往外侧, 黄铁矿含量愈增加。

青盘岩化带位于矿体的外侧, 包围石英绢云母化带分布。主要蚀变矿物有绿泥石、绿帘石以及少量方解石。黄铁矿是主要的硫化物, 黄铜矿含量很少。硫化物的含量在2~4%。

主要成矿母岩石英二长斑岩、英安斑岩等斑岩体, 凡蚀变作用强烈, 含矿性好, 矿石也富, 反之, 无蚀变现象的新鲜斑岩, 则含矿性差, 往往无矿。所以, 强烈的围岩蚀变是重要的找矿标志之一。

本区铜矿化带已控制长在4公里以上, 北西部及中部各有一个矿体, 北西部的叫塞罗维德矿体, 东西长约1200米, 南北宽800米, 中部的叫圣达罗莎矿体, 东西长1000米, 南北宽也为800米, 两个矿控制深度均大于500米, 经过深孔钻探, 已证实在深部这两个矿体实际相连。

矿体的垂直分带也比较发育。在淋滤带下面是氧化矿石带、次生富集带, 最下部是原生硫化物矿体。塞罗维德矿体上部淋滤带厚150~200米, 氧化矿石带厚150米, 由“沥青铜矿”、孔雀石、铜兰、赤铜矿、硅孔雀石及水胆矾等矿物组成, 矿石平均含铜1%。次生富集带厚30—90米, 有辉铜矿, 斑铜矿、铜兰等组成, 矿石含铜在1~2%。圣达罗莎矿体上部淋滤带厚60—70米, 地表未见氧化矿石带, 次生富集带厚20—70米, 主要矿物也是辉铜矿、斑铜矿、铜兰等。

上述两个矿体的原生矿, 主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿, 少量的辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿等。矿石含铜0.3~0.9%, 个别在1%以上, 塞罗维德矿体平均0.7%、圣达罗莎矿体平均0.6%, 整个矿区含铜平均0.67%, 含钼0.03%, 矿化较均匀, 品位变化也较稳定, 矿化深度均大于1000米。(附图1-1, 图1-2)

## (二) 秘鲁夸霍内铜矿床

### 1. 概况

矿床位于秘鲁南部莫克瓜区奥古省, 西距伊洛港90公里, 东南离托克帕拉矿区25公里, 平均海拔标高3450米, 最高3800米。该矿和托克帕拉矿山及盖亚维科矿床组成一个大的矿田, 是南秘鲁铜矿带的主体。本矿早在1942年就开始普查勘探, 1965年到1969年有美资南秘鲁铜公司进行补充勘探, 共探明矿石储量4.75亿吨, 平均含铜1%, 其中84%为原生矿, 16%为次生富矿。1970年开始矿山基建, 剥离总量2.5亿吨, 共花五年全部剥完, 1976年正式投产。规模为日采剥总量25万吨, 其中矿石5.6万吨, 是秘鲁目前最大的露天铜矿山。经过选矿得到含铜32—40%的精矿, 送伊洛冶炼厂冶炼。

### 2. 矿床地质特点

区内大片出露的最老岩层是上白垩纪到下第三纪的层状火山岩, 即托克帕拉世火山岩。由下往上可分为: 夸霍内玄武岩, 岩石深绿色到褐色, 显微斑状结构, 在托拉托河谷深处有大量露头, 厚约285米, 其下伏岩石不清楚。往上为夸霍内安山岩, 粒度很细, 灰绿色, 厚240米。盖亚维科流纹斑岩覆盖于夸霍内安山岩之上, 含有细小的石英晶粒, 有少量褐铁矿化, 厚约255米。最上部是托克帕拉英安流纹岩, 斑状结构, 细晶粒、薄层状、深绿色, 厚230米, 地表露头很少, 仅在钻孔中可见。这套岩层组成了夸霍内矿床的底板。第三纪渐新世的闪长岩、花岗闪长岩及石英二长斑岩、石英粗安斑岩、安山岩等侵入到上述底板岩石中, 产生强烈的围岩蚀变和矿化作用。成矿后的角砾岩带沿着夸霍内断裂作北西向分布, 这些不同类型的带棱角的火山岩碎块充填于断裂带内, 并切割矿体的西南

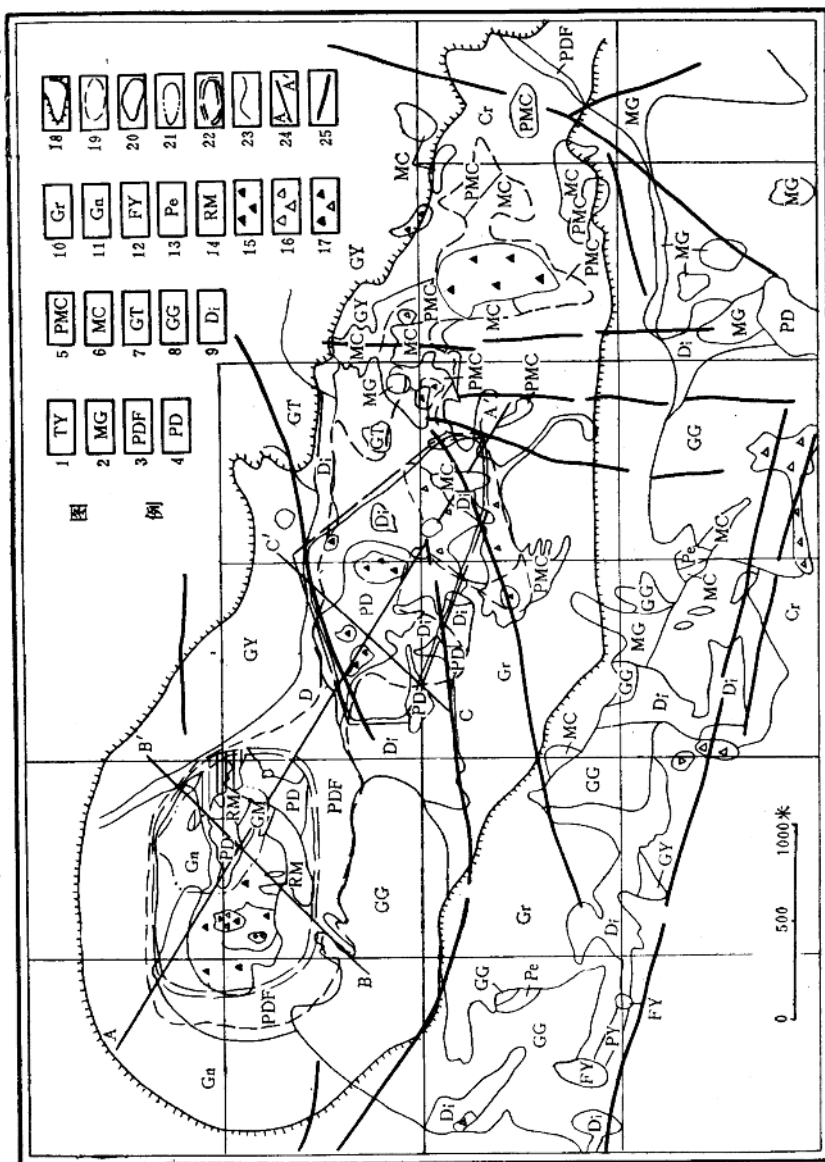


图 1-1 塞罗维德矿床矿区地质图

图例: 1.火山凝灰岩, 2.微花岗岩, 3.细粒英安斑岩, 4.英安斑岩, 5.石英二长斑岩, 6.二长斑岩, 7.迪亚瓦花岗岩闪长岩, 8.文象花岗岩, 9.花岗岩闪长岩, 10.亚拉瓦姆巴花岗岩闪长岩, 11.片麻岩, 12.尤拉建造, 13.伟晶岩, 14.高度蚀变岩石, 15.电气石角砾岩, 16.石英碎屑角砾岩, 17.石英角砾岩, 18.青盘岩化蚀变带界线, 19.石英绢云母化蚀变带界线, 20.氧化矿富矿石, 21.氧化矿边界线, 22.原生矿边界线, 23.地质界线, 24.剖面线, 25.断裂。



部分构成一个不含矿带。只有在矿化区内角砾岩碎块才构成矿石。这些含矿岩体及不含矿的角砾岩大部分被上新世—更新世火山岩（主要有流纹岩、凝灰岩）所覆盖。这套成矿后的火山岩叫下部火山岩（奥亚利亚建造）、上部火山岩（群德卡拉建造）。

矿区内构造以断裂为主，主要构造线方向是北西向，它横切西南走向的安第斯山脉。主要断层有夸霍内断层，走向北西 $50^{\circ}$ ，南西倾斜，倾角近于直立。它切过矿区，很可能和密卡拉瓜和英卡波奎亚断裂同时发展起来的。在矿区西部不远还有一条北西走向的小断层，长6公里，宽40米，它没有穿过成矿后的下部火山岩（奥亚利亚建造）。塞罗波特弗拉柯断层形成最晚，它切割了下部火山岩，断层长9公里，宽40米，呈之字形排列，倾角接近直立。另一组是东西向构造，如在托拉达南有一条东西走向的破碎带切割夸霍内矿区的中部。成矿岩体如二长斑岩往往沿东西向分布，而粗安斑岩则以北西向分布。矿化又受次一级的北西和北东向剪切带控制，蚀变和矿化集中在构造活动强烈的网脉状破碎带中。

夸霍内铜矿的形成和该区频繁活动的中生代末期到新生代早期强烈的岩浆侵入活动有关。含矿岩体是一套从酸性到中性的多期多次侵入的杂岩。如含矿岩体在早期是闪长岩和花岗岩闪长岩侵入，而主要成矿期的岩体，则是其后期演化产物石英二长岩、石英粗安斑岩面积仅为0.5平方公里小岩体，含矿最多的岩石是石英粗安斑岩，其次是玄武岩、二长岩、侵入安山岩和夸霍内安山岩依次减少，盖亚维科石英斑岩只有少量矿石。据石英二长岩的同位素年龄资料，成矿时期约为50百万年，属第三纪渐新世。

矿床底板托克帕拉世火山岩及含矿岩体都发生强烈的围岩蚀变。蚀变类型可分为四种：最强烈的蚀变发生在含矿岩体的中部，形成石英绢云母化蚀变，黑云母化蚀变；在矿体外侧广大地区发育强烈的青盘岩化蚀变；在盖亚维科流纹斑岩内则发育强烈的硅化及微弱的高岭土化。

石英绢云母化蚀变是矿区最强烈的蚀变，主要发生在含矿斑岩体的中部，也影响到矿体底板岩石。蚀变使岩石结构发生变化，全部被细粒的石英，很薄的绢云母及粘土所代替，蚀变矿物除石英、绢云母外，还有少量粘土（蒙脱石）及钾长石。

黑云母化蚀变主要发生在夸霍内玄武岩的大部分地区内。形成大量黑云母使岩石变为褐色，黑云母晶粒很细，有的呈鳞片状，有少量石英、绢云母、绿泥石相伴生。

青盘岩化蚀变发生在含矿杂岩体的边缘及安山岩、玄武岩的广大地区内，蚀变带宽约4公里。其特点是绿泥石、绿帘石、方解石比较发育，最多的矿物是绿泥石，伴随有少量石英、绢云母。绿帘石代替铁镁矿物，此外还有大量方解石、黄铁矿脉。

硅化蚀变带主要发生在盖亚维科石英斑岩中，其特点是形成细粒状硅石。细颗粒的硅石从破碎带一直扩展到大块岩石中，具玻璃状结构。

和围岩蚀变作用一样，矿化作用发生在含矿岩体强烈蚀变的范围内，在侵入体外部只有少量矿化。

矿体形状在平面上呈椭圆形，长轴长1200米，宽1000米，走向北西。在剖面上呈一个倒立的圆锥体状，向西缓倾斜，到深部逐渐尖灭。向两侧和深部矿化都比较均匀，蚀变强度和破碎程度一致。矿石以原生矿为主，上部氧化矿石带，次生富集带均不厚，原生矿控制深在400米以上。矿石矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿，其次有方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、硫砷铜矿、孔雀石、兰铜矿等。硫化物含量在5—8%，黄铜矿和黄铁矿比为1:2到1:1，平均含铜1%，含钼0.03%。矿体大部分被厚20—240米上的新世—更新世火山岩（主要是流

纹岩)所覆盖。只是在河流两侧切割较深处,才见到下伏矿化露头。含矿岩石的蚀变作用和后期氧化淋滤作用形成的褐铁矿、孔雀石等是重要的找矿标志。矿石的垂直分带比较明显,各带的简要特点如下:

**淋滤带:**在矿床的底板岩石托克帕拉世火山岩及上部的托克帕拉粗玄岩,盖亚维科石英斑岩中均残存有淋滤作用的痕迹。淋滤带岩石破碎,大部分被石英、氧化铁胶结。淋滤带最大的厚度约100米,有大量赤铁矿产出。

**氧化矿石带:**大部分出露在矿体的北部,南部只有三个互不相连的小氧化矿体。在平面上呈半圆形,剖面上为板状、透镜状,顶底板波状起伏,厚度比较均匀,平均厚度15米。和上、下部的淋滤带和次生富集带无明显的界线。矿石矿物有褐铁矿及大量的硫化物富集。氧化矿石中有一半的铜呈硫化物存在。主要矿物有孔雀石、硅孔雀石,呈厚约10厘米的枝状,有的地方可见自然铜。脉石矿物主要是针铁矿、赤铁矿、石英和明矾石。

**次生富集带**在平面上和下部原生矿石带范围相近,其厚度不规则,平均约20米。主要矿物是辉铜矿和黄铁矿,少量黄铜矿、铜兰,更少量的斑铜矿、辉钼矿。在矿化作用强烈的地区,可见到辉铜矿交代斑铜矿、黄铜矿,及部分交代黄铁矿的现象,而铜兰又经常交代辉铜矿而在其边缘分布。

**原生硫化物矿石带**是该矿的主要矿体。矿体中矿石矿物以黄铁矿、黄铜矿最多,另外还有一定数量的斑铜矿,少量辉铜矿,微量的硫砷铜矿、砷黝铜矿及方铅矿。黄铜矿为细粒分散状、细脉状不规则分布。随着深度加大,黄铜矿比例减少。在岩体中心部位,黄铁矿和黄铜矿含量比例为1:1,1:2到深部达15:1,硫化物总量在4—9%。辉钼矿分布不规则,主要充填在石英颗粒之间,另外也在石英脉中间呈细分散状富集。辉铜矿主要分布在两个平行的侵入安山岩之间。脉石矿物除蚀变形成的绢云母、石英、黑云母、绿泥石、粘土外,还可见到少量次生石英脉及方解石脉。从总体看,夸霍内铜矿体有如三个特征:矿体的形状是规整的;无论矿体的边缘或深部,铜品位的分布是均匀的;矿物组分是简单的。(附图1-3,图1-4)

### (三) 秘鲁托克帕拉铜矿床

#### 1. 概况

托克帕拉铜矿属美资南秘鲁铜公司所有。矿床位于秘鲁南部达克那省,海拔标高3100—3600米,地理坐标为南纬17°41',西经70°36'。东南距达克那市90公里,离西部伊洛港85公里。该矿1956年开始矿山建设,1959年正式投产。现有矿石储量4.1亿吨,含铜1%,含钼0.029%,为露天采矿,每天采剥总量15万吨,其中矿石5万吨,矿石经过选矿,得到含铜26%的精矿,送伊洛冶炼厂。

#### 2. 矿床地质特点

该矿总的区域地质、岩浆活动和构造特点等和夸霍内矿床基本一致。矿床位于北西走向的安第斯山脉的西侧。区内广泛出露中—新生代火山岩系。最老的岩层是上白垩—下第三纪托克帕拉世火山岩。由下而上可进一步细分为夸霍内玄武岩、夸霍内安山岩、盖亚维科流纹斑岩及托克帕拉粗玄岩,这四套岩石组成矿床的基底。岩层近于水平,微向西倾,厚度大于1500米。以后有花岗闪长岩、闪长岩侵入到上述地层中,组成了安第斯山的岩基。在含矿的英安斑岩等侵入之后,有侵入角砾岩形成。在矿体北部有被斑岩充填的爆破角砾岩筒,同时包裹了大小不同成分不一的流纹岩、英安岩、集块岩碎块。在塞罗阿苏尔、

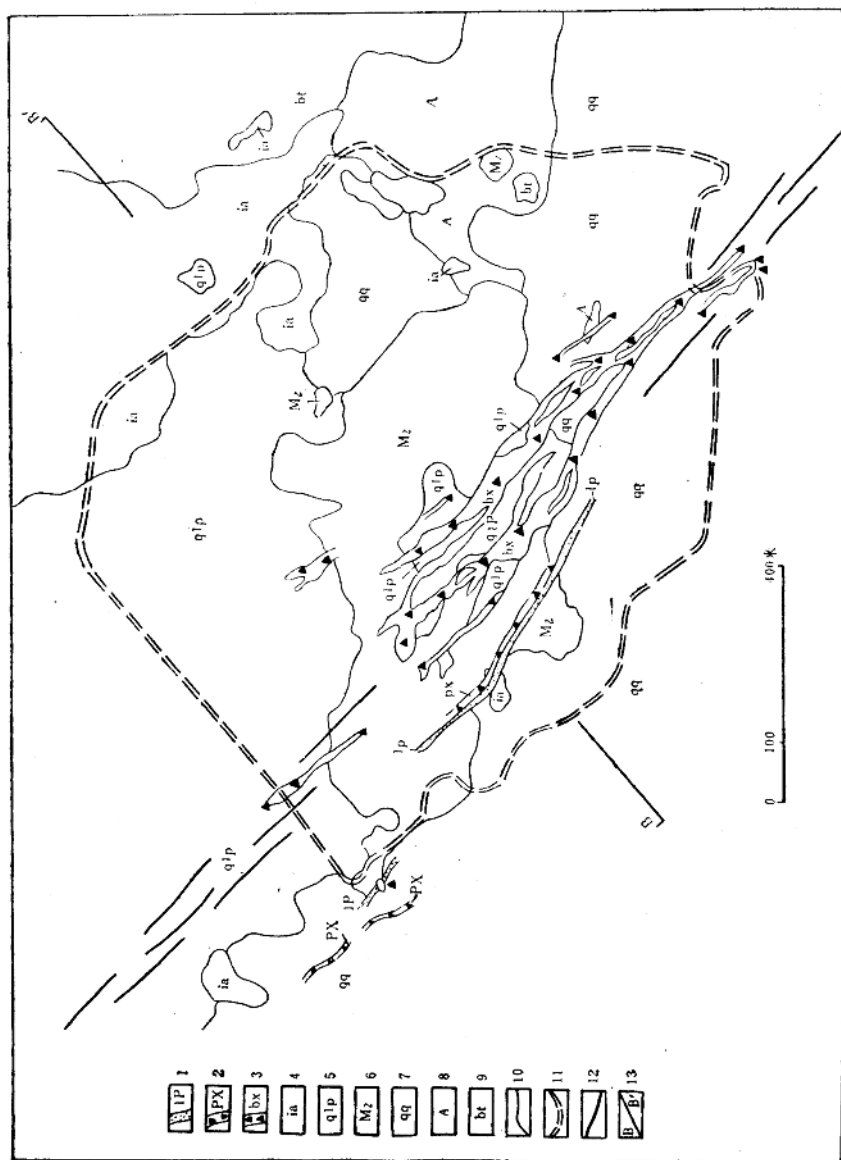
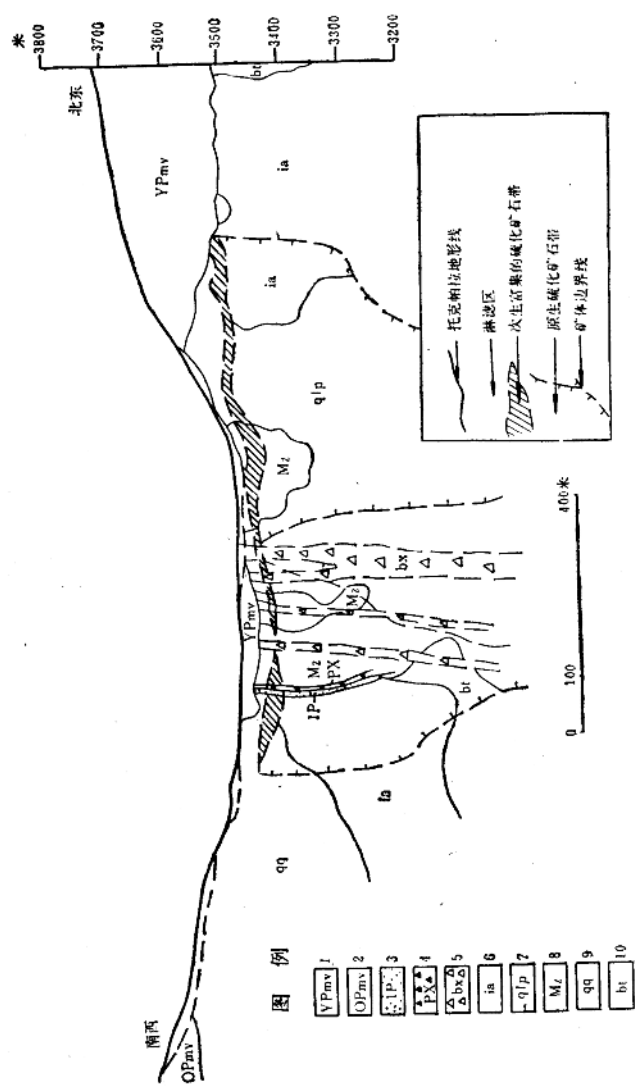


图 1-3 夸盟内铜矿区地质图

图例：1.粗安斑岩，2.夸霍内角砾岩，3.带角砾岩，4.侵入安山岩，5.石英粗安斑岩，6.石英二长岩，7.盖亚维科石英斑岩，8.安山岩，9.夸霍内玄武岩，10.地质界线，11.露天采场边界，12.构造线方向，13.剖面线



图例：1.更新世火山岩，2.更新世火山岩、凝灰岩，3.粗安斑岩，4.夸鲁内角砾岩，5.带棱角角砾岩，6.侵入安山岩，7.石英粗安斑岩，8.石英二长岩，9.盖亚维科石英斑岩，10.夸鲁内玄武岩。

塞罗托克帕拉还发现有石英电气石角砾岩筒。

矿床处于走向北西，在上白垩纪到下第三纪形成的平行安第斯山脉走向的区域构造带中。区内主要有两条断层，即密卡拉瓜和托克帕拉断层。矿床也和角砾岩筒的形成和范围宽阔的网脉状破碎带联系在一起。

矿床的形成和上白垩纪下第三纪到的频繁的火山活动有密切关系。第三纪侵入的组成安第斯山脉岩基的闪长岩、花岗闪长岩是成矿作用的开始，由闪长岩、花岗闪长岩的演化后期形成的英安斑岩的侵入则是主要的围岩蚀变及成矿作用时期。后期侵入的爆破角砾岩筒和成矿作用也有关系。含矿岩体有花岗闪长岩、闪长岩，但主要是英安斑岩小岩体，角砾岩筒中也有部分矿体。

矿床的围岩蚀变比较发育，可以分成三个蚀变带。青盘岩化蚀变带有绿泥石、绿帘石、方解石和黄铁矿组成；泥化蚀变带主要是石英、白色粘土或高岭土组成；石英绢云母（千枚岩）化蚀变带，有石英、绢云母和黄铁矿组成。蚀变带的面积要比矿体范围大，主矿体和石英绢云母化带的范围相一致。除了最后侵入的粗安斑岩岩墙外，所有的底板岩石（托克帕拉世火山岩）和侵入岩都有蚀变作用，另外盖亚维科石英斑岩主要发育硅化蚀变。

矿化作用、成矿特点比较简单，矿体品位分布比较均匀，矿石主要有铜硫化物，少部分是钼硫化物组成；矿体平面上为圆~椭圆形，直径大于1公里，剖面上呈圆锥状，深度大于400米；矿体有明显的垂直分带，上部为淋滤带及氧化矿石带，中部是次生富集带，深部是原生硫化矿石带；矿石属硫化物矿，在含矿岩体中铜硫化物呈1-2毫米大小的颗粒浸染状散布不是脉状矿石；黄铁矿是最多的硫化物矿物，黄铜矿是最多的铜硫化物矿物，辉铜矿是上部形成的最重要的铜硫化物；次生富集带基本上为水平状，微向西倾斜，厚度在0-150米之间，最高品位2%，主要有辉铜矿组成；经矿物包体研究，成矿温度在225°~475°C，属中温热液型，成矿时代为58.7百万年。（附图1-5，1-6）

#### （四）智利丘基卡马塔铜矿床

##### 1. 概况

矿床位于智利北部安托法加斯塔省克拉马城附近的丘基卡马塔镇。地理坐标南纬22°17'，西经68°55'，海拔标高2830米。西距安托法加斯塔海港240公里。该矿现有矿石储量约100亿吨，共控制铜金属量6000万吨，是世界最大的斑岩铜矿床。目前露采规模日采剥总量32万吨，其中矿石8.4万吨，为世界最大的露天铜矿山。经过选矿、冶炼，年产铜精矿及精铜50万吨。

丘基卡马塔矿区共有三个矿床组成。除丘基卡马塔本矿外，还有丘基南矿（即埃克索提卡矿床）和丘基北矿（即潘帕诺特矿床）。南矿全为氧化矿，现有确定储量1.7亿吨，含铜1.5%，北矿为一个独立的斑岩铜矿床，探明矿石储量5亿吨，平均含铜0.7-0.9%，尚未开采。

丘基卡马塔矿区为一个铜联合企业。由三个部分组成：矿区本部，包括两个矿山（即丘基本矿和丘基南矿）及选矿厂、冶炼厂，有职工9600名；托克比雅发电厂，有职工400人，发电能力为20万千瓦，是丘基卡马塔矿的电力供应者；安托法加斯塔港口，共有326名职工，为原料及成品集散地，海港吞吐量约3万吨/月。全企业共有职工10300人，每年的铜产量约占智利全国铜产量的一半左右。

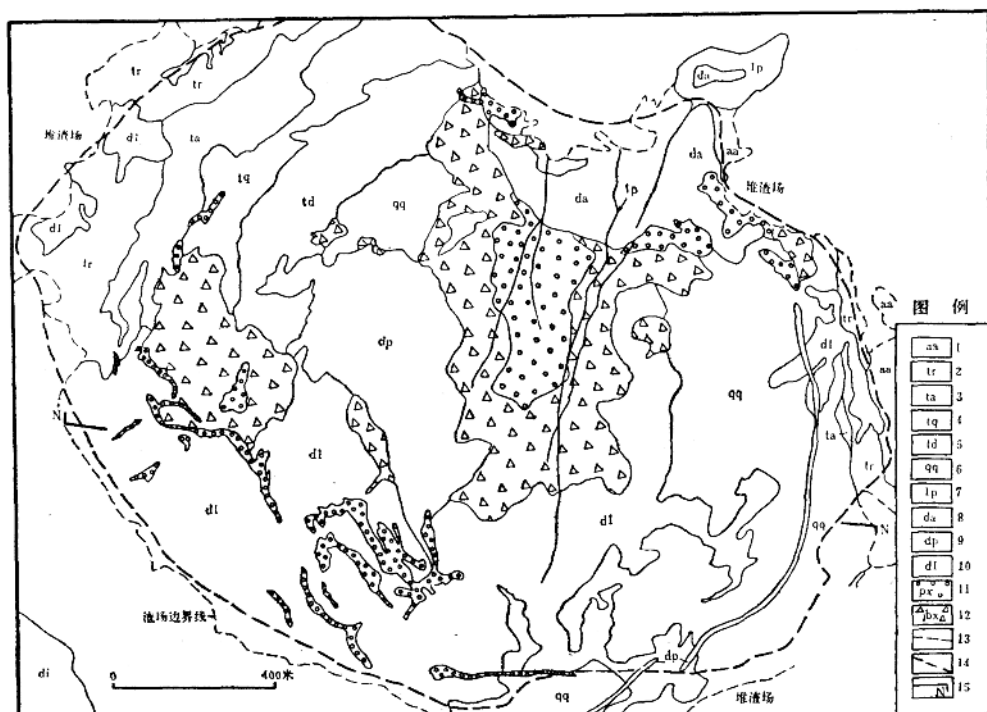


图 1-5 托克帕拉铜矿区地质图

图例：1.  $\alpha$ 安山岩，2. 托克帕拉流纹岩，3. 托克帕拉安山岩，4. 托克帕拉石英斑岩，5. 托克帕拉粒玄岩，6. 盖西维科石英斑岩，7. 粗安斑岩，8. 英安集块岩，9. 英安斑岩，10. 闪长岩，11. 夸霍内角砾岩，12. 带角角砾岩，13. 堆渣场界线，14. 露天采矿场边界线，15. 剖面线。

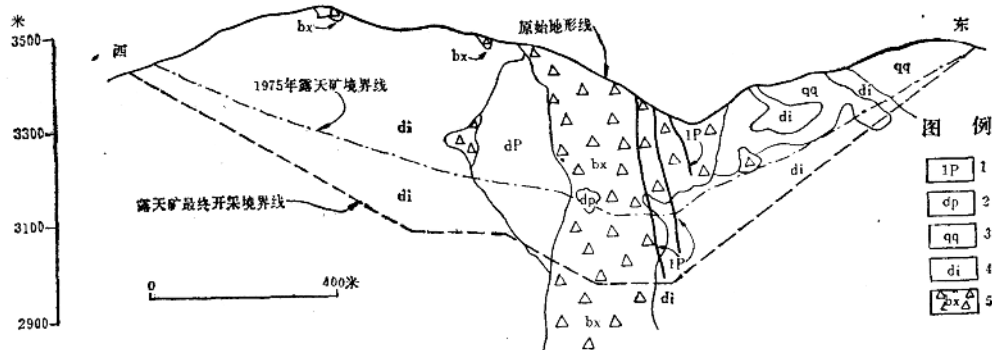


图 1-6 托克帕拉铜矿N-N地质剖面图

图例：1. 粗安斑岩，2. 英安斑岩，3. 盖亚维科石英斑岩，4. 闪长岩，5. 带角角砾岩。

## 2. 矿床地质特点

区域地质构造：区内主要出露的岩层有古生代的沉积岩、变质岩、火山岩及侵入岩，

中生代侏罗纪的沉积岩、火山岩及侵入岩，新生代第三纪各种成分的侵入岩，包括安山岩、闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩及多次侵入的酸性浅成斑岩，后期侵入的各种岩脉穿插其中。

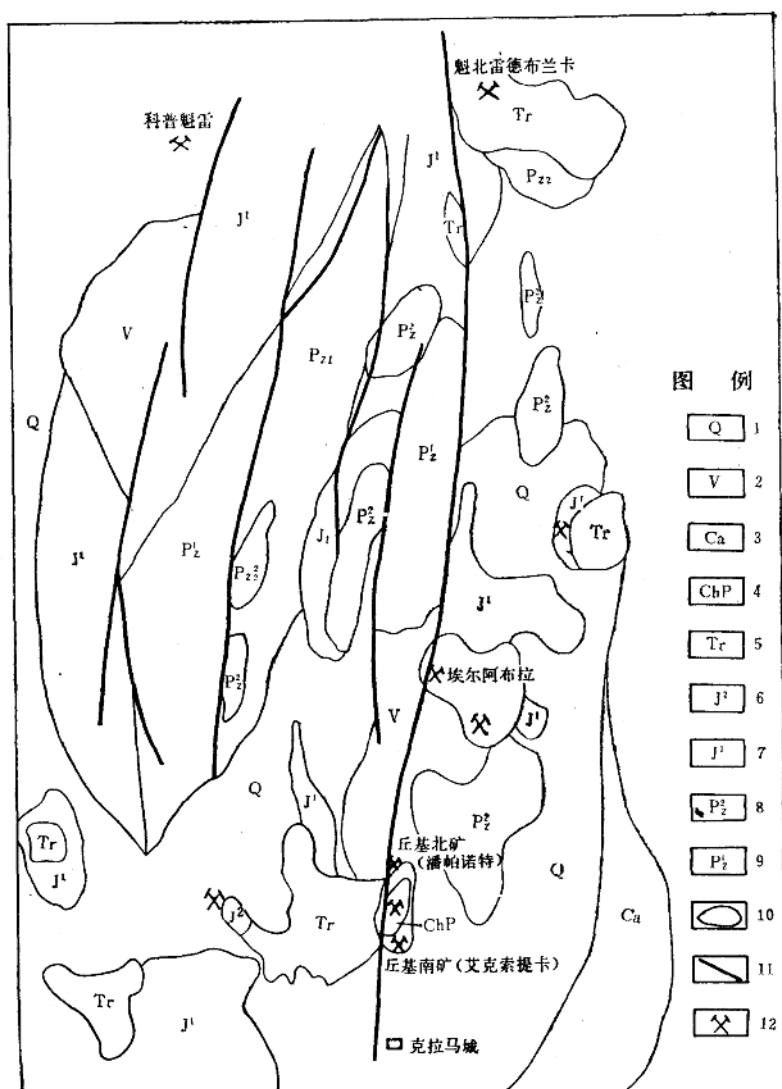


图 1-7 丘基卡马塔矿床区域地质示意图

图例：1.第四纪沉积物，2.火山岩，3.石灰岩，4.丘基卡马塔斑岩，5.第三纪侵入岩，6.侏罗纪侵入岩，7.侏罗纪沉积岩、火山岩，8.古生代火成岩，9.古生代沉积岩、变质岩、火山岩，10.丘基卡马塔矿区，11.区域断裂，12.铜矿床及铜矿山。

区域构造以断裂为主，构造线方向大多近南北向。矿区内的主要断裂构造为位于矿区西部走向北东10°，断层面近于直立的非什尔断层（也称为西部断层），南部往西倾，北部

往东倾。菲什尔断层是含矿岩体的侵入及斑岩铜矿形成的重要控制因素。据研究,该矿床的形成和太平洋板块的活动(在20—41百万年期间)有关,具体地说就是那茨卡(Nazca)板块和南美大陆板块相碰,造成南美大陆板块的上升并形成断裂构造和岩浆侵入。智利中部到北部一系列走向南北的断裂活动包括菲什尔断层就是这样形成的。以后约在28百万年时,有酸性成分的花岗斑岩(丘基卡马塔斑岩)沿着菲什尔断裂长期多次的侵入,发生强烈的蚀变和矿化作用,形成了特大型的斑岩铜矿床。沿着菲什尔断裂往北与其有关的还有丘基北矿、埃尔·阿布拉矿床及魁北雷德布兰卡矿床等。在丘基卡马塔矿区内还有南部和北部的破碎带小断层发育。另外在西部断裂的东侧,有许多网脉状的小破碎带,含铜矿脉正是沿着这些网状破碎带在青盘岩化带的内侧分布,构成典型的网脉型斑岩铜矿。(详见图1-7, 1-8, 1-9)

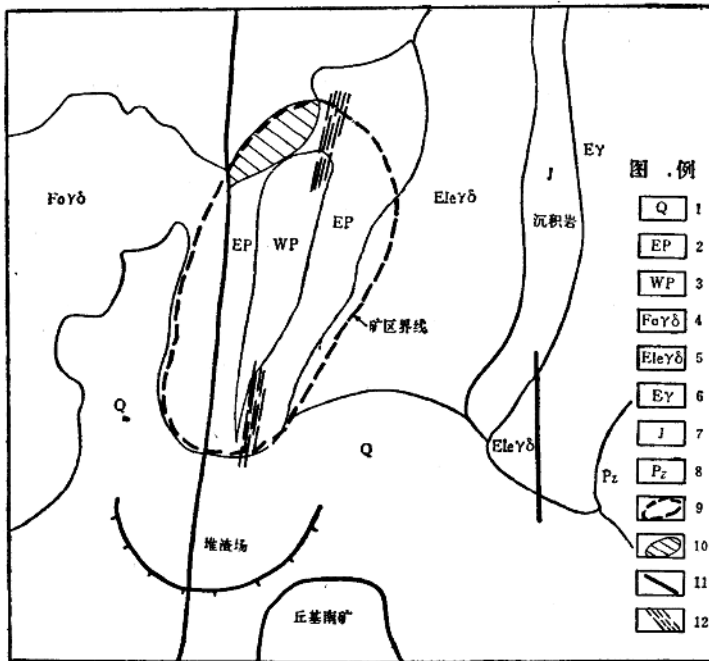


图 1-8 丘基卡马塔矿区地质示意图

图例:1.第四纪沉积物,2.丘基卡马塔东斑岩,3.丘基卡马塔西斑岩,4.福尔托那花岗闪长岩,5.爱丽那花岗闪长岩,7.侏罗纪沉积岩、火山岩,8.古生代变质岩,9.丘基卡马塔矿区,10.爱丽那型矿石,11.矿区西部断层(菲什尔断层),12.破碎带。

含矿岩体特点:含矿岩石主要是第三纪的花岗斑岩(丘基卡马塔斑岩)及闪长岩、花岗闪长岩。以西部菲什尔断层为界,东部为爱丽那(Elena)花岗闪长岩,西部为福尔托那(Fortuna)花岗闪长岩,它们均侵入在侏罗纪沉积岩及东部花岗岩中。花岗闪长岩在靠近断裂处一般也有矿体存在,但不是主矿体的部位。花岗闪长岩又被后期的花岗斑岩(丘基卡马塔斑岩)侵入,花岗斑岩的侵入期是重要的成矿时期。花岗斑岩则是主要的含矿岩