

地质资料选编（三十二）

化探资料选编

（一）

中国地质科学院情报所

一九七七年六月

几点说明

一、本“选编”摘译了10篇国外铜矿（主要是斑岩铜矿）化探资料，其中，第（一）篇“根据地球化学资料评价斑岩铜矿”，作者对苏联有关类型斑岩铜矿床原生晕进行的“统一”分带，可供参考，但部份元素的分带序列位置仍值得研究；第（二）篇介绍了水系沉积物测量中铜的冷提取量及总量分析实际运用的一些结果，以具体实例说明利用其比值区别异常性质的重要性；第（五）篇，以具体分析数据论证了含矿岩株（相）的铜背景不一定都高；第（七）、（八）篇对表生水及地下水元素的迁移活动性状及控制因素，分别提出了某些新认识和水化学调查工作方法；第（六）篇，原文较长，结构松散，我们作了删节，文章介绍了在已知工业斑岩铜矿床附近一个矿点上，利用液态包体揭示成矿热液温度及盐度，解释蚀变分带及元素异常关系的一种做法，确认该矿点无经验价值，说明盐化液体仍可造成斑岩型矿床的蚀变和异常“模式”；第（十一）篇，介绍了一种规划取样、研究异常衰减的计算公式，并以实例证明其实际作用。虽然公式某些假设条件缺乏现实性，但反映一种工作思路或作为一种工作方法，还是有参考意义的。

二、“选编”附了第六届国际化探会议部份论文摘要，“选编”第二期将续完；

三、为了向刚从事化探工作的同志及院校化探专业同学提供业（课）余读物，我们拟定选载苏联《固体矿产化探找矿方法》（1975年文版）有关章节，以后再选载西方的相应材料。本期“选编”第（十三）篇即《固体矿产化探找矿方法》选载之一。

四、“化探资料选编”，将不定期地选载国外化探方法有关资料，各期或按矿种、方法或按问题侧重选译、摘译外刊技术、动态材料，在需要和可能时，也将介绍部分国内资料。

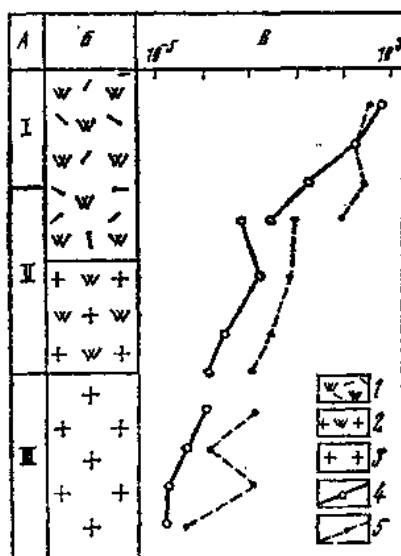
由于我们水平所限，工作中难免有很多缺点、错误，请读者及时批评指正。

编者一九七七年四月

根据地球化学资料评价岩斑铜矿

A.П.索洛沃夫曾提出一个著名的根据详细岩石地球化学测量的资料估计金属的预测储量的方法，其依据是原生矿的金属量与疏松的残坡积层的金属量之间存在着比例关系。但该方法只适用于侵蚀截面揭露出来的矿体，而根据该方法估价那些现代剥蚀截面仅仅剥蚀出矿上原生晕的弱侵蚀矿带的储量时，其结果就会大大偏低。这就可能错误地将有隐伏矿远景的地段否定掉。相反地，对于那些矿体基部已被剥出地表的侵蚀比较深的地段来说，金属的预测储量就会大大偏高。因此，近年来有一种方法得到越来越广泛的推广，在岩石地球化学测量过程中可以用该方法根据地球化学垂直分带参数（A.П.索洛沃夫的系数 ν 或 C.Б.格里戈良的倍加指数）确定矿化侵蚀截面的深度。地球化学分带指数乃是主要聚集在矿带上部的一些元素的线金属量的乘积与矿带下部同样数量的元素金属量的比值。由于该参数在垂直方向上的变化很有规律，而且上部和下部数值差异很大，不仅可以帮助清楚地区分矿上晕和矿下晕，而且可以分清矿体的上层，中层和下层。在估计到矿化侵蚀截面深度的情况下，就可以有根据地选择计算金属储量的深度，排除侵蚀很深的地段，从而就可以在评价矿点时避免大的误差。

目前在哈萨克斯坦已经有了根据地球化学垂直分带参数计算预测金属储量的成功经验。其中，在一系列的斑岩铜矿点中进行过这种工作。北滨巴尔喀什地区的斑岩铜矿床分布为三类：Ⅰ—深度不大、产在花岗岩类侵入体顶板喷出岩中的矿床；Ⅱ—产出深度在侵入岩和喷出岩的接合部位上，分布在花岗岩类侵入体顶部和顶板喷出岩的矿床；Ⅲ—与花岗岩类侵入



A—矿床在火山岩—深成岩带中的位置；

B—柱状地质剖面图；

B—系数值 ν 变化曲线。

次生石英岩：

1—从喷出岩变成的次生石英岩；

2—从花岗岩类变成的石英岩；

3—发生弱碱性交代作用的花岗岩类。

系数变化曲线：

$$4 - \nu_1 = \frac{HgAsBi}{ZnSnW}; \quad 5 - \nu_2 = \frac{HgAs}{MoW}$$

图 1 不同类型的斑岩铜矿床按其形成深度和系数值对比示意图。

体的深部有关的矿床（图1）。前两类的特点是围岩发生强烈的次生石英岩化。第三种类型的特点表现出弱的碱性交代作用（钾长石化、绢云母化、绿泥石化）。

地球化学分带及其标志的研究是在北滨巴尔喀什地区的索库尔科伊、科翁腊德、博尔利、卡腊巴什、巴斯朔基、塑比刚、卡斯基尔卡兹干、奥捷尔诺耶、马拉布特以及南准噶尔的科克赛等矿床上进行。研究的结果在上述每一个矿床上都表明了非常明显的垂直分带。将它们的地球化学垂直分带系列加以对比，可以得出结论说：不仅在一类型的矿床中，而且在不同类型矿床中，垂直分带序列都是基本相同的（表1）。

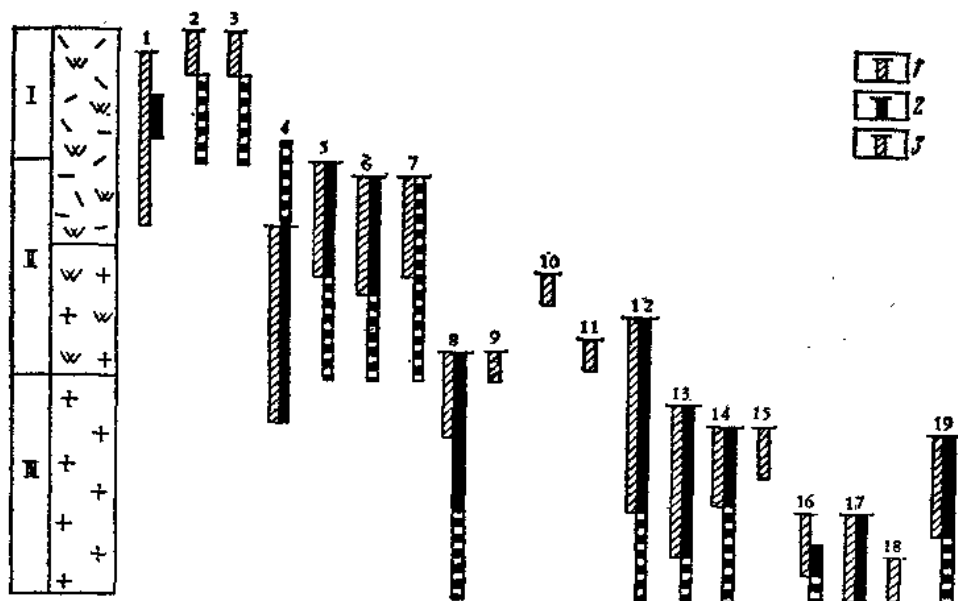


图2 斑岩铜矿床、矿点按其侵蚀截面水平进行对比的示意图。

1—研究过的矿化中段；2—已确定含工业矿化的中段；3—推断含工业矿化的中段。矿床和矿点：1—索库尔科伊；2—萨里奥巴；3—老阿塔拜；4—科翁腊德；5—南别斯朔基；6—卡腊巴什；7—朔比刚；8—博尔利；9—西北博尔利；10—若塔；11—近科翁腊德Ⅱ号；12—科克赛；13—卡斯基尔卡兹干；14—克普恰姆；15—近科翁腊德Ⅰ号；16—马拉希特；17—谦库杜克；18—Ⅵ号异常；19—奥捷尔诺耶
其它符号见图1

对于索库尔科伊矿床（Ⅰ类）来说，其特点是 Hg、Bi 趋于上部层位，其次是 As、Sr 和 Ag，而 Co、Zn、W 则趋于下部层位，Sn 和 Cu 次之。在第Ⅱ类的所有矿床中，Hg、Sr 和 As 主要集中于细脉状矿体的上部，而 Sn、Zn 和 W 则集中在下部。对于第Ⅲ类矿床来说，位于上部的典型元素是 Hg、As、Ag 和 Bi，而下部则为 Mo、W、Sn 和 Cu。而对于所有三类的矿床来说，上部的典型元素是 Hg、As、Bi，常常还有 Sr，而下部的典型元素是 W、Sn，一般还有 Zn、Cu。

从分带序列的对比可以得出系数 v ，对于所有的矿床来说该系数都是单向变化的。这些随深度增加而变小的系数，其一般公式可按 A.Π. 索洛夫夫的方法写成：

表 1 斑岩铜矿床元素分带序列

矿							床						斑岩铜 矿床的 综合分 带序列
I 类		II		类		III		类					
索 库 尔 科 伊	科 翁 腊 德	博 尔 利	卡 腊 巴 什	南 别 斯 朔 基	朔 比 刚	综 序 合 分 带 列	科 克 赛	卡 兹 基 尔 卡 干	马 拉 希 特	奥 捷 尔 诺 耶	综 序 合 分 带 列		
Hg Bi As Sr Ag Pb Mo Sm Cu W Zn Co	Hg Ba Sr As Cu W Sn Bi Mo Ag Pb Co Zn	As Sr Cu Mo W Ag Co Sn Bi Pb Zn	Sr Hg As Cu Bi Pb Co Mo Cu Sn Ag Zn W Mo	Sr Pb Hg As Bi Co Mo Cu Sn Zn W Sn	Bi Hg Sr Pb Ag Zn Mo As Co Cu W Sn	Sr Hg As Bi Cu Pb Mo Co Ag W Zn Sn	Hg Ba Ag As Bi Cu Sr Mo Sn Pb Zn W Co	Hg As Bi Sr Co Zn Ag Sn Cu Pb Mo W Cu	Hg As Ba Ag Bi Sn Sr Co Zn Pb Mo Cu	As Hg Sr Pb Ag Zn Bi Co Cu Sn W Mo	Hg As Bi Ag Sr Zn Co Sn Pb Cu W Mo	Hg As Bi Sr Ag Pb Cu Zn W	

注：括弧内的元素为在分带序列中占据相同位置的元素。

表 2 分带系数随深度变化

层 位 (深度)	矿				床		
	索库尔科伊 (I 类)		科翁腊德 (II 类)		科克赛 (III 类)		
	AsAgBi CoBa	AgBi ZnCo	BaSrAs ZnCoPb	SrAs ZnPb	HgAgAs ZnCoW	HgAs CoW	
	系				数		
I	$1.1 \cdot 10^{-1}$	$1.9 \cdot 10^{-1}$	$1.26 \cdot 10^2$	$3.45 \cdot 10^0$	$2.0 \cdot 10^{-3}$	$1.4 \cdot 10^0$	
II	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$9.3 \cdot 10^{-3}$	$6.98 \cdot 10^1$	$1.98 \cdot 10^0$	$8.0 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-1}$	
III	$8.2 \cdot 10^{-6}$	$2.6 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^1$	$1.02 \cdot 10^0$	$8.5 \cdot 10^{-4}$	$3.4 \cdot 10^{-1}$	
IV	$1.9 \cdot 10^{-8}$	$6.7 \cdot 10^{-7}$	$5.5 \cdot 10^0$	$4.2 \cdot 10^{-1}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$2.0 \cdot 10^{-1}$	
V	$1.8 \cdot 10^{-10}$	$8.9 \cdot 10^{-9}$	$5.4 \cdot 10^0$	$3.3 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$3.3 \cdot 10^{-1}$	
VI			$1.29 \cdot 10^0$	$9.7 \cdot 10^{-2}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$4.5 \cdot 10^{-2}$	
VII			$6.7 \cdot 10^{-2}$	$1.4 \cdot 10^{-2}$	$7.8 \cdot 10^{-6}$	$5.8 \cdot 10^{-2}$	
VIII					$6.8 \cdot 10^{-7}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	
	衬 度 变 化						
	$6.1 \cdot 10^8$	$2.1 \cdot 10^7$	$1.9 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^2$	$3.0 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^2$	

$$\frac{\text{Hg, As, Bi, Sr}}{\text{Sn, W, Zn, Cu}}$$

所列的元素在系数的分子和分母中可构成任意数目因子（两个、三个或四个）的组合。对这系数进行过研究就会发现，系数值不仅在每一个矿床随深度增加而变小，而且从Ⅰ类向Ⅱ类和Ⅲ类矿床过渡（也就是从较小深度向较大深度过渡），系数值也是变小的（见图1）。可以推测，有一个统一的矿化柱状剖面存在。在此剖面上，斑岩铜矿床的类型不再是矿化的不同的亚类型，而是一个统一的矿化柱状剖面上的不同部位。这种推测与下述事实是相符的：即人为划分的3种类型的矿床都产于一个统一的交代系列的一定部位，并存在着过渡型矿床。属于过渡型的有博尔利和科克赛矿床。这两个矿床在剖面上都具有第Ⅱ类矿床的特征（花岗岩类中发生次生石英岩蚀变作用），而在剖面的下部则是第Ⅲ类矿床的典型代表（图2）。

上述情况具有重要的普查意义。在矿化柱状剖面的某个部位上没有工业矿化，不能看作是在更深的部位没有工业矿化的标志。因此，只有侵蚀深度相当于第Ⅲ类矿床下层的地段，才可以认为深部是没有远景的；而侵蚀深度相当于Ⅰ和Ⅱ类矿床下层的地段，对寻找Ⅱ和Ⅲ类矿床的隐伏矿体可能是有远景的*。系数 ν 从矿化柱状剖面的上部到下部是有规律地减小的，但相对说来减小得不大明显。因此，为了对比具体矿床的侵蚀截面深度，我们便采用在该类型的主要矿床沿垂直方向变化最明显的系数（表2）

利用系数 ν 对矿化远景深度作评价是在北滨巴尔喀什地区的一些矿点—萨里奥巴、老阿塔拜、西北博尔利、若塔、近科翁腊德Ⅰ号和Ⅱ号、克普恰姆、谦库杜克、Ⅶ号异常—上进行的（见图2）。萨里奥巴和老阿塔拜矿点被评定为侵蚀较弱的Ⅰ类矿点。因此，在这里，地表上没有工业富集，铜、钼次生分散晕的面金属量相对较低，但这都不能作为否定这些矿点的依据，因为对寻找隐伏矿体来说，它们是有远景的。对于萨里奥巴矿点来说，分带性指数的梯度要比索库尔科伊矿床小得多。这就可以作为沿垂直方向上矿化的垂直距离更大的标志，因而也就比索库尔科伊矿床规模更大的标志。谦库杜克、近科翁腊德Ⅰ号与Ⅲ号斑岩铜矿的下部相当。剖面两个地段评价的结果，与早些时候在这里进行的岩心钻进的资料是符合的。曾被认为是具有远景的Ⅶ号异常不应做为优先向深部进行勘探工作的对象。

其余矿点中的系数值 ν 与Ⅱ或Ⅲ类矿化的中等深度相当。对于若塔和近科翁腊德Ⅱ号矿点来说，其特点是铜和钼晕的线金属量值低，没有工业富集。对克普恰姆和西北博尔利两个矿点做地表基岩岩石化学取样时，查明了一些铜含量符合或接近于标准含量的地段。根据预测储量的计算结果，这两个矿点被评定为可能具有中等规模的工业矿点。若塔和近科翁腊德Ⅱ号矿点被认为是没有远景的，而在克普恰姆和西北博尔利两个矿点应投入深部勘探工作。在克普恰姆地段以前做过一些岩石取样工作，并打了6个岩心钻孔。根据槽探和浅井取样的结果，该地段是有远景的。但钻孔只打到贫矿化。于是，自然引起了随深度增加而矿化逐步尖灭的结论。然而系数 ν 值表明，在这个地段和在邻近的卡兹基尔—卡兹干矿床上，侵蚀截面深度是相似的，而后者符合标准的矿体一直延伸到300米以上的深度（见图2）。由于按100×20米的网度对基岩进行地而岩石化学取样，从而查明成矿组分在矿床范围内的分布是不

* 注：本文不讨论是否存在次生硫化物富集带的地球化学特征问题。

平衡的。根据取样结果，查明了几个铜 ($\geq 0.3\%$)、钼和其他元素的含量较高的透镜状矿体。原来所有的钻孔或者是布置在铜含量偏高的范围之外，或者是布置在其边缘上，也就是没有在条件最合适的地与打钻。根据后来打到圈出的透镜体的两个钻孔资料，得到了肯定的结果。根据这些钻孔资料可确定的铜和钼的储量，仅比根据地面岩石化学测量计算出来的预测储量少 14%。

在与著名的博文利矿床毗邻的西北博尔利地段中，原生晕中铜含量只在个别的样品中达到百分之零点几。但是，晕的面金属和矿体的侵蚀截面深度是接近于博尔利矿床同样参数的。既然博尔利矿床的勘探工作表明矿化程度随深度增加而有所增加，那末西北博尔利地段就可以认为是隐伏矿化的有希望地段。岩心钻进证明矿化分布在相当大深度（600 米以上）上，但没发现铜钼矿的工业富集。

根据地球化学数据评价斑岩铜矿深部远景的经验证明，在普查实践中广泛应用这一方法是合适的。

译自《Разведка и охрана недр》1976, №11

水系沉积物中铜的冷提取量和铜全量的比值与铜矿床之间的关系

前言

在斑岩铜矿床的水系沉积物化探中，与土壤取样一样，既要作铜全量 (T.Cu) 分析，又要作铜的冷提取量 (Cx.Cu) 分析，并求出 Cx.Cu/T.Cu 比值。

水系沉积物化探圈出的金属矿床异常有碎屑异常和水化学异常两种。一般说来，在矿化带和接近矿化带的河流下游，矿化带本身受风化侵蚀，矿石矿物等物质进入流水之中，形成碎屑异常，在下游，溶于河流中的金属形成水化学异常。因此，这两种异常便发生部分迭加，但仍是不同性质的异常。

在进行水系沉积物化探测量过程中，若只做 T.Cu 分析，其结果由于是两种异常的综合，故显示出来的异常是大范围的。在这种情况下，如果碎屑异常值明显高于水化学异常值，就容易判断矿化带的范围，但是在水化学异常强的地方，矿化带也可能还位于 T.Cu 最高值的上游。也就是说，T.Cu 值高的地方不一定能指示出矿化带位置，故有可能将它漏掉。

相反，只进行 Cx.Cu 化探，就会在大范围内只出现水化学异常，矿化带和非矿化带区难于区分，与上述一样，矿化带位于异常区的上游而被漏掉。

所以，在进行水系沉积物化探时，最好不要只做 T.Cu 或 Cx.Cu 一种分析，而是两种分析都做。以便区别碎屑异常和水化学异常，决定矿化带的范围。

只是在这样做的时候应该注意流水的 PH 值，特别在黄铁矿化发育地区，由于硫化物风

化, 流水的 PH 值显酸性, Cu 难以沉淀, Cx.Cu 值比中性或碱性地区低。图 1 表示的分析结果就是一例。正如图 1 B 所示, 黄铁矿氧化地区中的河水 PH 变为酸性, Cx. Cu 含量明显小于中性—碱性的水。因此在采水系沉积物时必须测定流水的 PH 值。

下面介绍一下利用 Cx.Cu/T.Cu 对镓内、国见山、马木特矿床进行化探的实际 情况。

镓 内 矿 床 的 情 况

镓内矿床位于官城县玉造郡鸣子町, 所谓鬼首破火山口内的东北角 (图 2)。

地 质 矿 床 概 要

第三系中新统绿色凝灰岩和青磐岩为矿床的母岩。母岩之上有石英安山凝灰岩不整合超复。矿化区位于镓内支流与主干河汇合处附近 (图 2—3 号采样点附近) 和金山沟上游 (23—25 号采样点附近) 二处。前者的硅化青磐岩是红色, 一看就是个蚀变带, 只不过有微量的闪锌矿矿化浸染。一入金山沟地带, 绿色凝灰岩普遍粘土化 (21 号采样点附近, 22—25 号采样点), 过去在这里进行了若干金矿坑探。近年, 青磐岩中发现了由黄铁矿、黄铜矿细脉组成的细脉浸染型矿化, 尚在勘探中。

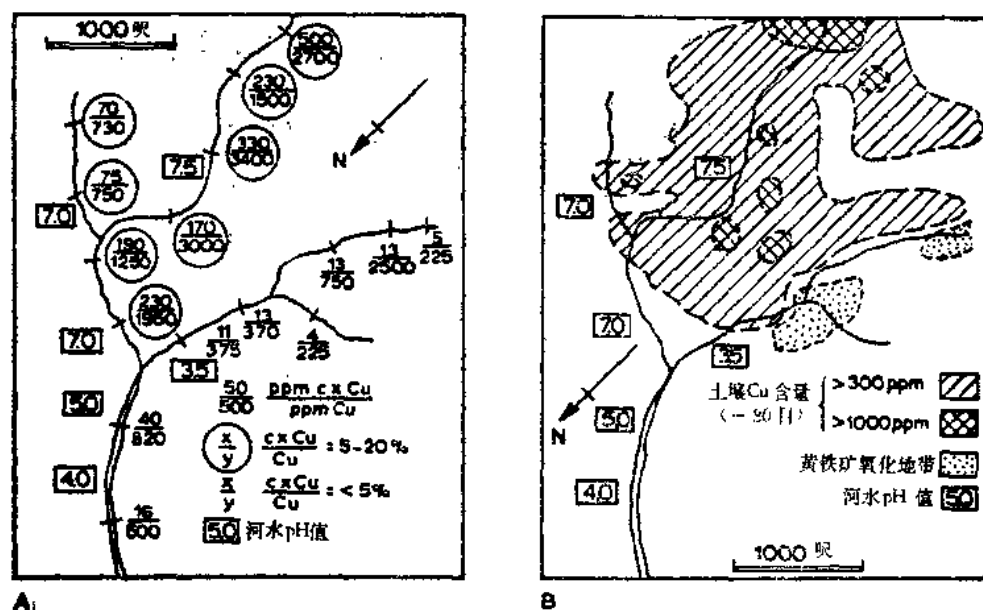


图 1 菲律宾宿务地区卢艾河区底沉积物及土壤异常,
A. 沉积物的比值与河水 PH 值关系;
B. 造成酸性河水的黄铁矿化地段及土壤 Cu 含量。

T. Cu 化 探 结 果

1969 年进行了普查, 在河流旋涡水的中央、近河岸或转石背后等处采集了样品。对在什么地点采样有利以及样品粒度是一 80 目好还是一 30 目好的问题做了研究。结果认为一 80 目粒度为宜。在水流速度大的地方取样, 并要在水中筛选, 除去有机物和悬浮微粒。采样地点

如图 2 所示。此外，分析时，将磁铁矿（最多达56%）多的样品用吸铁石清除磁铁矿。
分析方法是，将样品用高氯酸分解，用原子吸收进行定量分析，

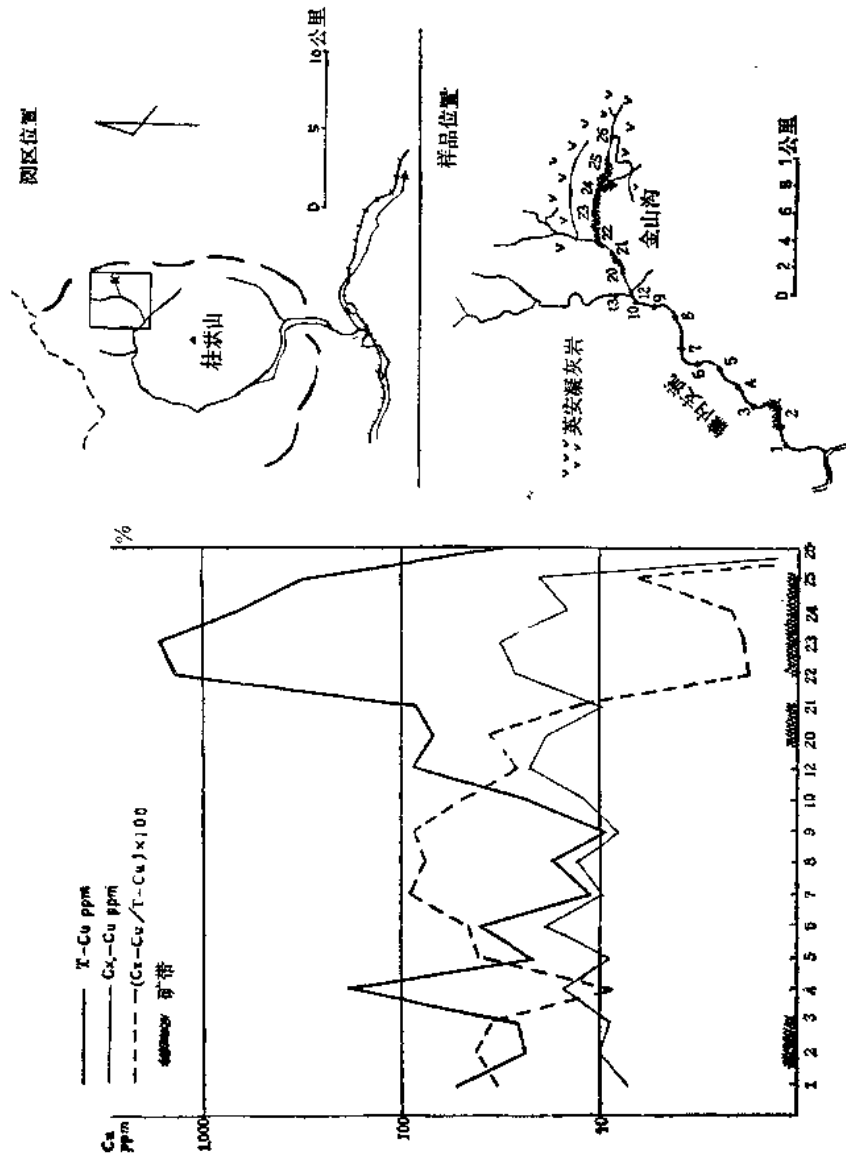


图 2 镓内铜矿床水系沉积物测量结果。

把分析结果作成含量曲线图(图 2)。镓内支流与干流汇合处附近的矿化地带(点 № 2 到点 № 3)，河岸陡，从 4 号采样点开始，水面变宽，形成河滩浅谷，矿化没有暴出。在其附近有一个 T.Cu 异常。其后，T.Cu 至金山沟汇合点处便降低。进入金山沟地带，特别在过 22 号采样点下边的支流(河水几乎全部流经英安凝灰岩中)之后，从 22 号采样点起，越过矿化带的 26 号采样点(英安凝灰岩)又急剧降低。

对于镓内矿床来说，仅做了 T.Cu 分析就可明显地找到了矿化带位置。

Cx.Cu 化探结果

分析过程中，在柠檬酸铵溶液中加入盐酸胍，至混合液 PH 为 4.3，即进行提取，用原

子吸收光谱法做 $Cx.Cu$ 定量分析。

其分析结果如图 2 中细线所示。从图中可以看出，镰内河入口的矿化带和显示出有高 $T.Cu$ 值的金山沟矿化带都没发现明显的 $Cx.Cu$ 异常。只是在越过矿化带的 26 号采样点 $Cx.Cu$ 含量急剧减少。

因此说，镰内矿床的 $Cx.Cu$ 分析不见效。其原因是，下游地带内水化学铜含量大，矿化带内 $Cx.Cu$ 含量小。

$Cx.Cu/T.Cu$ 比值与矿化带关系

为了区别水化学异常和碎屑异常，求出了 $Cx.Cu/T.Cu$ 比值，用虚线表示在图 2 上。从该图中能够看到，首先在没有显示出 $Cx.Cu$ 的镰内河口的矿体附近， $Cx.Cu$ 与 $T.Cu$ 的比值低于上游，似乎有若干碎屑异常显示。而且越接近金山沟该比值越低（从图中可明显看出），尤其进入矿化带附近，便开始急剧减少。即水化学异常衰减，碎屑异常增强。

根据这些分析结果，通过土壤化探分析查明，需要详查的地区是该 $Cx.Cu/T.Cu$ 值急剧下降的附近，即从 20 号采样点开始的上游地区。

而且镰内河和金山沟的流水 PH 值都在 6.8 左右。

国 见 山 矿 床 情 况

国见山矿床与镰内矿床一样，位于宫城县玉造郡鸣子町大约 8 公里的地方（图 3）。

矿 床 地 质 概 要

从国见山附近开始，北西流向的熊河流域大部分为绿色凝灰岩，在下游虽然见到有镰内河地带的英安凝灰岩，但在上游地区却没发现。

矿床为脉型，有几处挖了坑道，虽见有废石，但由于坑口崩塌，坑内情况不详。根据各种情况判断，很早以前这里开采过铜矿。

$T.Cu$ 化 探 结 果

与镰内矿床所不同的是，甚至在矿区下游约 4 公里与岩堂河汇合点附近，也显示出了 1000PPm 的高 $T.Cu$ 值，矿床附近也略大于 1000PPm，而且矿化带内 $T.Cu$ 值则反而降低。从这种 $T.Cu$ 值的分布情况来看，单单地采用 $T.Cu$ 化探方法是难以圈出矿化带的（图 3）。最主要的原因是旧坑中废石的影响。这里流动水的 PH 值与镰内矿区相同。

$Cx.Cu$ 化 探 结 果

在镰内矿区，矿化带和矿化带下游地区的 $Cx.Cu$ 值没有大的差异，而国见山矿床却不同，接近矿化带和矿化带下游地区的 $Cx.Cu$ 值都非常低。其原因恐怕是，从废石中溶解出的 $Cx.Cu$ 量，在下游中形成了强的水化学异常的缘故。这个例子说明，矿化带赋存在 $Cx.Cu$ 值低的地段，要用高 $Cx.Cu$ 值来圈定矿化带是不行的。

$Cx.Cu/T.Cu$ 比值与矿化带的关系

如上所述，由于下游的 $Cx.Cu$ 值高，所以 $Cx.Cu/T.Cu$ 比值图就完全和 $Cx.Cu$ 图一样（图 3）。发生这种情况的原因固然在于前面所谈的废石，但也在于这里地处淋滤严重，即高温、多雨地区。在这样的地区中，就应该与镰内矿床一样，求出 $Cx.Cu/T.Cu$ 比值，选择 $Cx.Cu/T.Cu$ 比值急剧下降的地点做为详查矿化带的靶区。以国见山为例，即是 6 号采

样点（图3）或6号和8号采样点之间开始的上游地区。

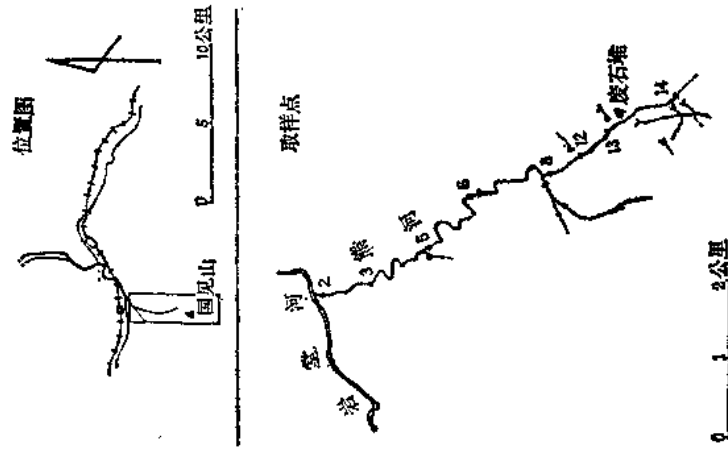
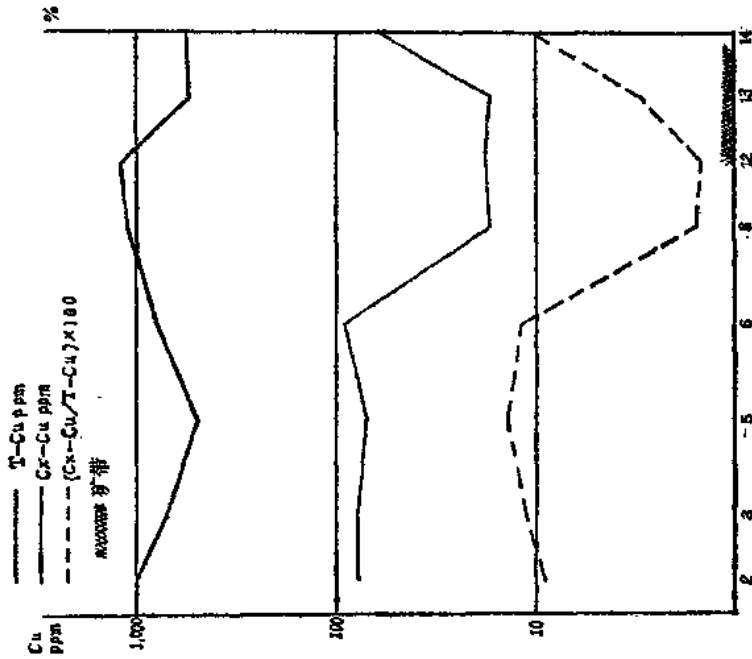


图3 日本、镰内脉型矿床水系沉积物测量结果



马木特矿床情况

马木特矿床位于东马来西亚的沙巴地区，原来是化探发现的。1967年起正式勘探，现在正准备开采。该区的年降雨量非常高，为3500mm。

矿床地质概要

马木特矿床附近的岩石为第三系沉积岩和侵入到该岩系内的超基性岩以及闪绿玢岩。闪绿玢岩侵入到超基性岩和沉积岩中，在接触带显著硅化，伴随硅化作用形成了斑岩铜矿床。

T.Cu 化探结果

1970年在整个矿区进行了水系沉积物化探测量（图4）。从图中可看到，1000 Ppm

以上的 T.Cu 分布于矿床下游相当远的范围, 矿床位于 500~1000 Ppm 和 T.Cu 值低的地
 区。因笔者 1968 年到过该地, 所以在主要的水系中采集了若干水系沉积物样品。其分析结
 如图 4 和表 1。采集样品和分析方法与上述二个矿床相同。

异常图 (图 4) 几乎与国见山矿床的情形一样, 矿化带的 T.Cu 值比下游地区低。

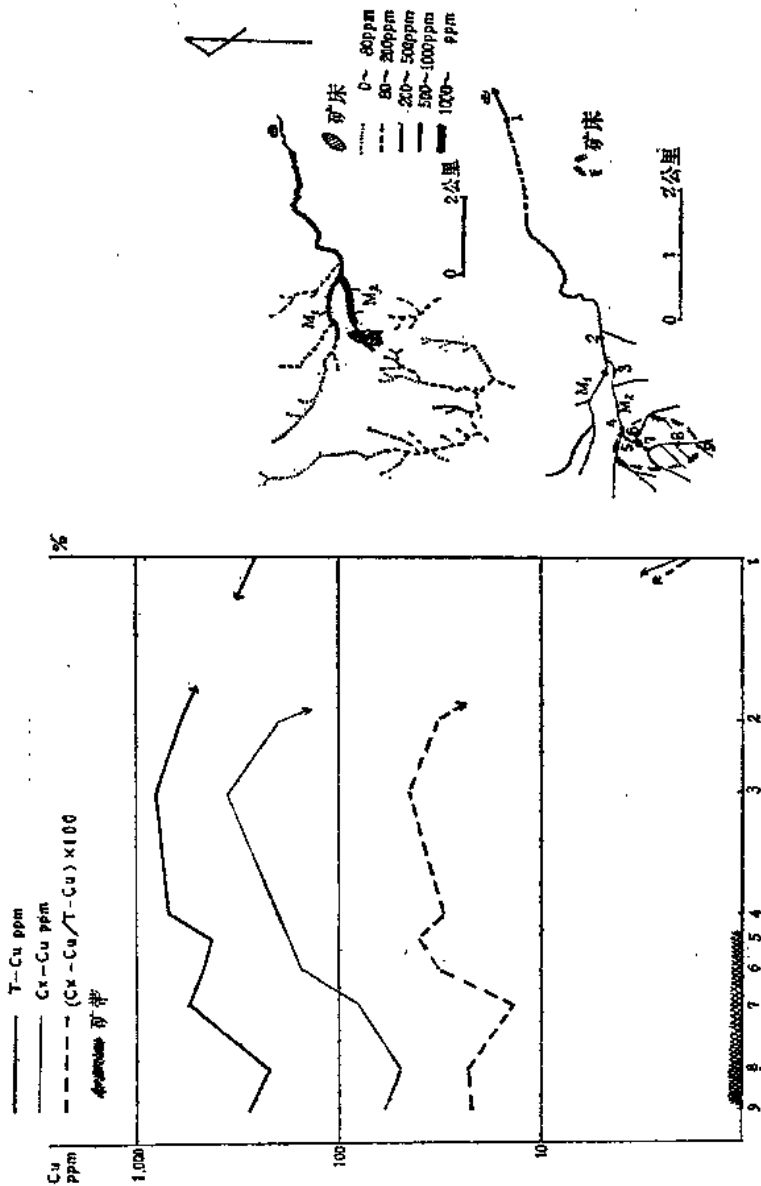


图 4 东马来西亚沙巴州马木特斑岩铜矿床水系沉积物测量结果

Cx.Cu 化探结果

Cx.Cu 的情况与国见山矿床相同, 矿区内, Cx.Cu 值低的为 50~175PPm, 下游则高达 200~250PPm。在距矿床约 6 公里下游的温泉区, Cx.Cu 值又只有 8 Ppm, 这说明在矿床下游形成了水化学异常, 越向下游, Cx.Cu 越沉淀, 基本没有到达温泉区附近。相反, 碎屑铜异常则到达了该地段, 所以, T.Cu 为 260Ppm。

表 1 马木特矿床的 T.Cu、Cx.Cu 值及 Cx.Cu/T.Cu 比值

№ (取样点)	T—Cu PPm	Cx—Cu PPm	Cx—Cu/T—Cu %
1	260	20	8
2	610	200	33
3	800	250	44
4	680	200	30
5	425	175	41
6	465	150	32
7	555	80	14
8	220	50	23
9	275	60	22

Cx.Cu/T.Cu 比值与矿化带的关系

与以前谈到的两个例子相同，Cx.Cu/T.Cu 比值，在矿化带内急剧降低。如果做 T.Cu 或 Tx.Cu 的任一种分析，都能在下游地区发现异常，假若不求得 Cx.Cu/T.Cu 比值，是不能圈出矿化带位置的。

结 束 语

上面我们谈到了镰内（细脉浸染型）、国见山（脉型）和马木特（斑岩型）铜矿床的水系沉积物的化探实例。水化学异常由于越接近矿化带越强，所以如果若只根据 Cx.Cu 化探结果找矿就有困难（镰内），因为单靠 Cx.Cu 方法圈出的异常不是在上游就是在其下游（国见山、马木特），Cx.Cu 的含量没有大的差别。这样看来，只采用 Cx.Cu 化探方法可以说是无效的。

另外，在只采用 T.Cx 化探时，在镰内矿床这种碎屑异常强的环境是有效的，但像马木特这样的矿床，水化学异常强，只采用 Cx.Cu 化探就无效。

因此说，在水系沉积物化探中，应该求出 Cx.Cu/T.Cu 比值，区别水化学异常和碎屑异常。在一般情况下，根据碎屑异常判断出矿化带，它的位置常位于 Cx.Cu 急剧下降的附近上游地段。

在求这种比值时，只重点地调查水化学异常，这种情况下，就应该考虑附近是否有盲矿存在，是否有流经盲矿体的地下水。

摘译自《矿山地质》24 卷，1974 年 11 月号

注：本文部份插图，因版面尺寸而横排，请读者见谅——编者。

热带地区某些斑岩铜矿床的矿化程度 与土壤中铜含量之间的关系

有化探异常，并不一定就有矿，为了确保化探能找到矿，需事解决许多土壤及矿化岩石风化过程的地球化学问题。本文介绍一种热带找斑岩铜矿床的化探异常的解释方法。

圣托尼诺铜矿床

地质与矿化

矿区的岩类有斑岩、辉长岩、火山碎屑岩及变质岩。斑岩类与晚第三纪隐晶质玄武岩、安山岩、英安岩到钠质流纹岩成分的岩类。还发育有许多安山岩及英安岩的变种。构造破坏及蚀变作用常掩盖了这些岩类的原生特征。

该地区火山碎屑岩位于斑岩区的东面，完全分布在一个断陷盆地内。大部分火山碎屑岩

具有碎屑构造，白绿色，岩屑主要来源于斑岩类。

铜矿化主要与英安斑岩的断裂带有关，虽然其它岩类也有一些矿化。

圣托尼诺的主矿带，面积约为330米×200米(边界品位0.4%Cu)。黄铜矿是石英-黄铁矿脉的空隙充填物。沿断层带发现有辉钼矿断层泥，但辉钼矿比黄铁矿要少。黄铁矿和磁铁矿一般成为交代铁镁矿物的细脉浸染状出现。

土壤取样与分析

沿从东到西穿过矿体中心部位的一排钻孔线，取B层上部土壤样品(图1)。

样品干燥后磨至-80目，高氯酸浸溶，用原子吸收作Cu全量分析。铜的冷提取量是用柠檬酸和盐酸羟胺混合液萃取后用原子吸收分析的。

全铜(T.Cu)及冷提铜值

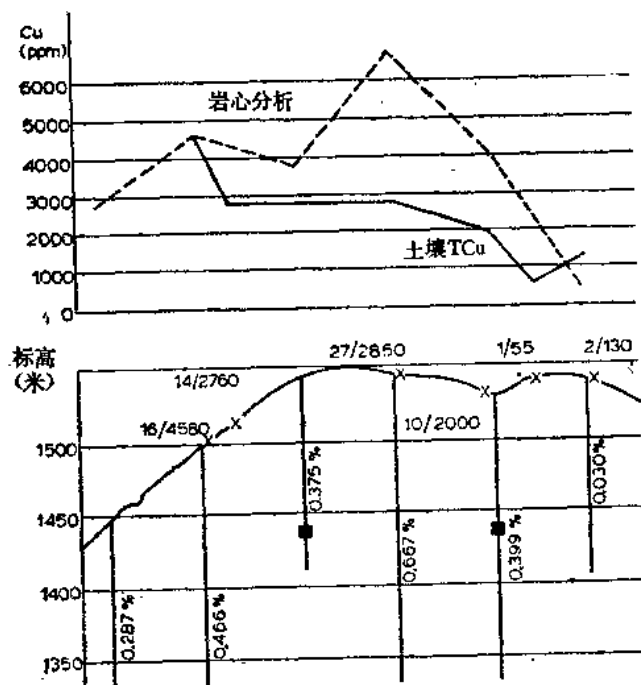


图1 圣托尼诺矿床的地球化学剖面

X: 土壤取样点

16/4580: C.Cu/T.Cu

在矿化带上，铜全量为 2000—4580ppm，而其相邻地区低于 2000ppm。在这里，铜几乎无法冷提取。在矿体上部地段，冷提取铜量与铜全量的比值 (Cx.Cu/T.Cu) 平均只为 0.05 (图 1、表 1)

该地区由于地形起伏大，剥蚀速度高，因此覆盖层较薄。但其厚度还有差异。同时，岩心的铜量与上覆土壤铜量的比值 (DH.Cu/T.Cu) 与这些差异有关。在较平坦的山顶，覆盖层较厚，DH.Cu/T.Cu 比值大于 2，而在几乎没有覆盖的山坡上，该比值近于 1。从整体来讲，这个覆盖较薄的矿体，DH.Cu/T.Cu 比值为 1.5 (表 I)。

表 I 菲律宾，圣托尼诺的地球化学数据

	T.Cu (ppm)	Cx.Cu (ppm)	Cx.Cu/T.Cu	DH.Cu ² (ppm)	DH.Cu/T.Cu
矿带以外	130	2	0.015	300	2.3
	55	1	0.018		
矿带以内	2000	10	0.005	3990	2.0
	2850	27	0.009	6670	2.3
	2760	14	0.005		
	4580	16	0.003	4600	1.0
平 均	3048	16.8	0.005	4770	1.56

努 科 克 铜 矿

该矿床位于东马来西亚沙巴州的西北部。

矿体产于努科克山 (1674m 高) 西坡上，海拔 1300 米。该地区没有明显的旱季、雨季季节。年降水量约 3500mm。虽然地形很陡，但仍是遍山丛林。

地质与矿化

努科克矿区始新世—中新世泥岩、粉砂岩和杂砂岩受到一个花岗闪长斑岩的侵入。矿化区分两部分，即北矿体和南矿体。北矿体是斑岩内含黄铜矿及磁黄铁矿多的石英网脉矿体。南矿体，石英细脉分布间隙大，主要矿化产在斑岩与沉积岩的接触带上。

土壤取样与分析

取样和分析方法与圣托尼诺矿相同。

铜全量与冷提取量

南部矿体，上覆土壤中铜全量为 1200—1800ppm，冷提取量为 200—450ppm。北部矿体，铜全量为 1400—2620ppm，冷提取量为 150—600ppm。两个主矿体之间虽有一些高达 2600ppm 的铜含量，但为数不多 (表 II)。

表 II 马来西亚努科克地区的地球化学数据

	T. Cu (ppm)	Cx. Cu (ppm)	Cx. Cu/T. Cu	DH. Cu (ppm)	DH. Cu/T. Cu
南部矿体	1200	230	0.19	1040	0.87
	2800	230	0.08	1360	0.49
	2570	450	0.17	4500	1.75
	1720	200	0.11	4310	2.50
	1280	230	0.18		
平 均	1914	268	0.14	2750	1.43
北部矿体	2580	150	0.06	4790	1.85
	1400	250	0.18	4160	2.97
	2620	150	0.05	1800	0.70
	2450	600	0.24	5390	2.20
	1794	313	0.17	5160	2.90
平 均	2168	293	0.13	4260	1.95
总 平 均	2041	281	0.14	3505	1.71

南部、北部及中部地段的平均 Cx. Cu/T. Cu 比值, 分别为 0.14、0.13 和 0.16, 比圣托尼诺矿区的比值高得多。所以高得多, 原因在于努科克矿区覆盖层较厚, 降雨量较大。

土壤及岩心铜含量间的关系

南部矿体打了 6 个钻孔, 5 个深度为 700m 左右, 1 个 430m。岩心检验表明: 矿化从上到下是连续的。该矿床的岩心与覆盖土壤中铜的比值平均为 1.43 (表 II)。北部矿体, 该比值平均为 1.95。对两个矿体来说, DH. Cu/T. Cu 比值平均为 1.71。近似于圣托尼诺。

昌 查 铜 矿 床

该矿床位于厄瓜多尔西南部。开始由化探发现, 1974 年以后, 由土壤取样和激发极化法圈出了纳兰琼斯矿体 (海拔 1700 米)。这里虽然接近赤道, 但气候还是比较温和的, 5 月至 10 月为旱季。雨季时, 天天下雨, 平均年降雨量 1300mm。标高 1000 米以下的地区林木丛生, 再高处, 树木便几乎不存在了。

该区地形陡峭的一个特点是: 变质岩区比容易风化的侵入岩岩区更为起伏。

地质概况与矿化

复于古生界变质岩基底 (安第斯地槽) 上的白垩纪海底火山岩及火山碎屑岩, 受含矿石英闪长岩侵入 (图 2)。广泛发育黄铜矿矿化, 并含黄铁矿、辉钼矿和磁铁矿。次生矿物有: 辉钼矿、孔雀石以及各种氧化物和碳酸盐类。矿床上部非层状的第四系沉积岩认为是冰川沉积的。这些沉积物是由没有分选的角砾状至滚圆状砾石与粘土组成。

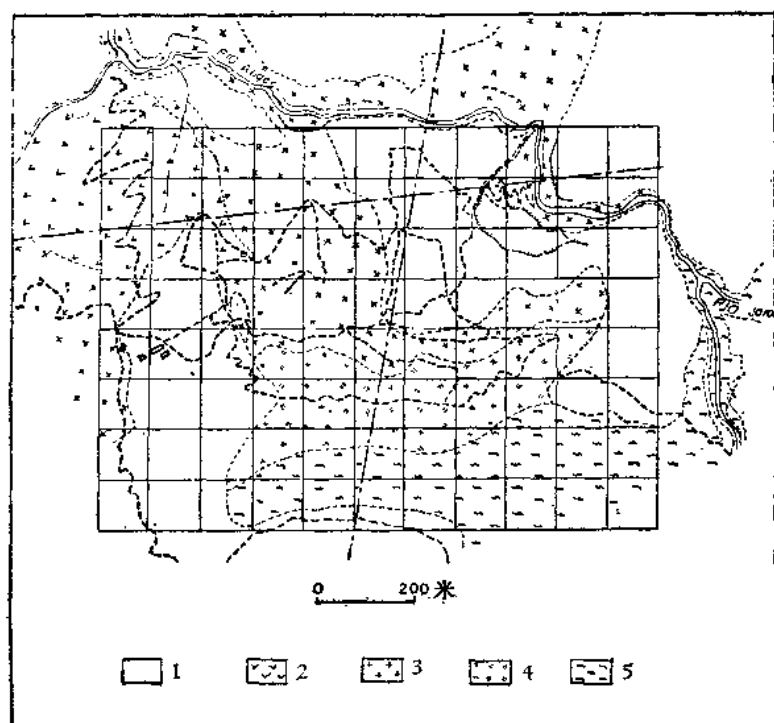


图 2 昌查矿床的纳兰琼斯矿体地质图

土壤取样与分析

挖坑进行B层土壤取样，线距200米，点距50米。F. N. D. P和O. M. R. D*虽然使用的分析方法不同，但所得出的铜全量数据很一致。因此，本文两套数据都采用。O. M. R. D的-80目样品用硝酸浸溶，由原子吸收测定铜全量。

U. N. D. P未进行铜的冷提取测定，因此，用邻近的O. M. R. D数据，通过滑动平均方法算出它们取样点上的Cx. Cu估计值。O. M. R. D的冷提取Cu是经24小时稀盐酸(1/19)浸溶之后用原子吸收方法测定的。

铜全量与冷提取量

纳兰琼斯矿区，土壤中铜全量为100—8000ppm。部分矿体上面有很大一个地区的土壤铜含量在2500ppm以上(图3)。

Cx. Cu/T. Cu平均为0.35，实际上应高达0.95。这些均比圣托尼诺矿区和努科克矿区高。经绘图后，高比值区主要沿着倾向安格斯河谷较陡的山坡分布，另一处较小的高比值区则直接在矿体上(图4)。这可能是由于可溶性铜顺山坡向下搬运到坡底覆盖层内所造成的。

用土壤中的非可溶性铜组分作图，可以最大限度地减少地形造成异常位移的影响。T. Cu减去Cx. Cu，便可得到非可溶性Cu含量(T—Cx) Cu。绘制出(T—Cx) Cu值图后，即可消除坡底异常，突出矿体上面的异常(图5)。

* FNDP: 联合国发展计划。OMRD: 日本海外矿物资源开发公司。