# 菲律宾用激发极化法填图找斑岩铜矿床

## 前　言

菲律宾寻找斑岩铜矿广泛地运用了激发极化法，四年来发现了几个大型新矿床，另外还在几个生产矿区周围圈定了矿体的延伸部分和周围的矿带。

## 菲律宾的斑岩铜矿床

板块构造对菲律宾斑岩铜矿床的形成起了很大作用。如图1所示，巴拉湾岛和民都洛岛的西半部位于不活动的或隐伏火山稳定区。菲律宾群岛其余部分是一个典型的岛弧体系，东海岸为活动的消减带。菲律宾海沟的突然中断被认为是将吕宋岛切成两半的转换断层所致。有一主要断层系叫做菲律宾断层，与海沟大致平行，从南明达瑙向北延伸到转换断层。有许多斑岩铜矿床位于转换断层以北，著名的菲律宾铜矿带呈线状排列。

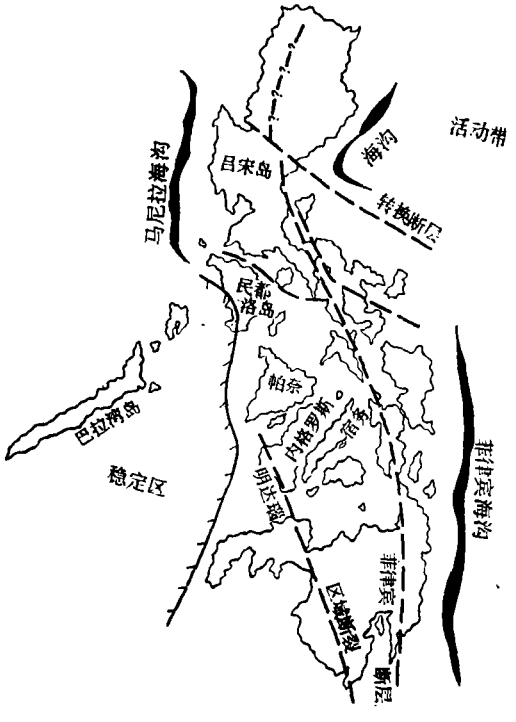


图1　菲律宾主要构造特征示意图

许多地质学家认为这种线性分布趋势可能向菲律宾断层往北延伸。第二个大断层系切过内格罗斯岛南部并进入明达瑙。此断裂系称为“明达瑙区域断裂”，是内格罗斯岛当前勘探工作的中心。与海沟呈一不大的交角。

菲律宾只有少部分岩石的年龄做过测定，不过根据这些年龄数据，认为大约是在6千万年以前，沿菲律宾海沟发生消减活动，结果造成有中性侵入岩赋存，该侵入岩已知是最老的，它包括阿特拉斯斑岩铜矿床，或许还有锡帕莱矿床。虽然在此之后，直到晚中新世消减作用再次活跃时，中间有一个相当平静的时期，说明年龄为15万年到现在的许多侵入体是与菲律宾断层伴生的。

菲律宾的斑岩铜矿床除年龄较轻外，和北美同类型的矿床没有太大的差别。与菲律宾矿床伴生的侵入岩差不多都是闪长岩或石英闪长岩，与美国西南部典型的石英二长斑岩相似，但颗粒很细。金和银是菲律宾斑岩铜矿床最主要的副产品。而钼矿是美国矿床较主要的副产品。一般说来，菲律宾斑岩矿床作为一类，北美斑岩矿床作为一类，二者之间的差别比这两个地区内的各个矿床之间差别要小。现试用菲律宾各种类型斑岩矿床的电法反应同北美洲相类似矿床的电法反应的对比来全面地说明这种现象。

## 干　式　矿　床

首先讨论卡伯特和洛厄尔（1974）所描述的那种没有含水矿物、没有黄铁矿而含硫和挥发物都低的干式矿床。它可能代表斑岩系深度大的部分，靠近热液和岩浆条件的分界处。这类矿床在北美的典型例子有：不列颠哥伦比亚的布伦达、亚利桑那州的阿霍、内华达州的耶林顿以及阿巴拉契亚和不列颠哥伦比亚的海兰德河谷地区的许多含黄铁矿低的斑岩矿床。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

这类矿床在菲律宾主要是内格罗斯岛的锡帕莱矿。这个矿床所获得的激发极化法结果表示出矿控构造、激电反应与加拿大西部的布伦达矿的矿控构造的激电反应相同。布伦达矿床产在共轭的走向北东和北西构造的交叉部位。布伦达矿没有黄铁矿，频率百分效应（FE）低和金属因数(MF)异常低。异常是由黄铜矿—斑铜矿—辉钼矿引起。在锡帕莱矿所测得的低频率效应异常和较高电阻率异常，是由于同样的石英闪长岩侵入体中的非常相似的黄铜矿—斑铜矿—辉钼矿的矿物组合所产生的。激发极化测量结果使锡帕莱的矿石储量大大增加。

## 受构造控制的矿床

用“受构造控制”这一术语来描述内格罗斯岛的另外两个矿床：欣诺斑矿床和锡帕莱矿床，如图2所示，这两个矿床相靠很近，位于锡帕莱矿向东南延伸的一个线性断裂中。

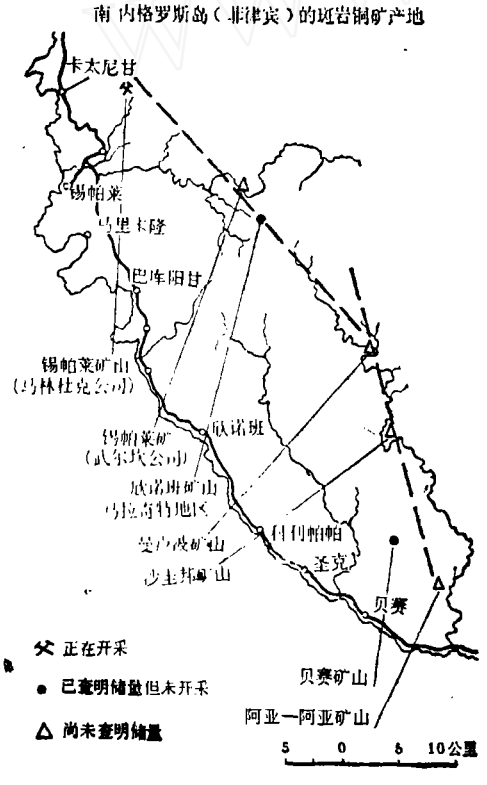


图2　内格罗斯岛南部斑岩铜矿床

菲律宾和其它地方的大多数斑岩铜矿床似乎都产在两个共轭断层的交叉部位，横截面一般近似于圆形。就欣诺斑矿床和武尔坎矿床来说，在成矿时只有一个主要的控制断层。因此矿床很长，无明显的蚀变带。两个矿床都有黄铁矿，但黄铁矿是与黄铜矿伴生的，并且只限制在控制断层的几百米范围内，而不是呈黄铁矿晕产出。

欣诺斑矿床的特征是：矿化沿着一个闪长质到石英闪长质岩大基岩的东部边缘发生。已探明的1.3公里长的矿体主要产在火成碎屑物里，少部分产在侵入体内，已查明和推测的矿石量为98.400,000短吨*，平均含铜0.5%。矿体沉淀的主要地点是在一个大约300米宽的北北西大断层带和一个向东倾的火成碎屑岩和基岩接触带的交叉处。许多成矿后的南北向和东西向断层，使矿带受到不大的错动。同时使矿床产生许多裂隙，含有很多断层泥。

矿体中含黄铁矿5～10%，黄铜矿1～3%。局部地方斑铜矿达到1.5%，还有微量闪锌矿、方铅矿和辉钼矿。在某些钻孔向下延深60多米处偶尔有辉铜矿和铜蓝的出现。矿石一般每吨可以回收金0.004英两**，银0.01英两，局部含磁铁矿达到3%。矿体中硫化物总含量比围岩中含量大。图3是欣诺斑矿床的平面图，高激电异常带和矿体含铜0.3%的边界品位部分非常吻合。1972年夏季钻探完全没有打到矿床。后来做了激发极化法，在频率百分效应和金属因数高的地方布钻，一年以内即获得了上述储量。如图4所示，在频率百分效应和金属因数的异常值比在干式矿床上所测得的值还高，反映了矿石中黄铁矿的数量有所增多。图中电阻率“低”的地方能确定控制构造的位置。在包含有矿体的2.7平方公里的区域内进行土壤取样，铜的背景值为20～100ppm，以80ppm作为异常下限。100ppm的铜异常形成一条平行于矿体但顺下坡向西有100～200米位移的连续带。

*1短吨=0.984公吨——译注。

**1英两=3.527克——译注。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

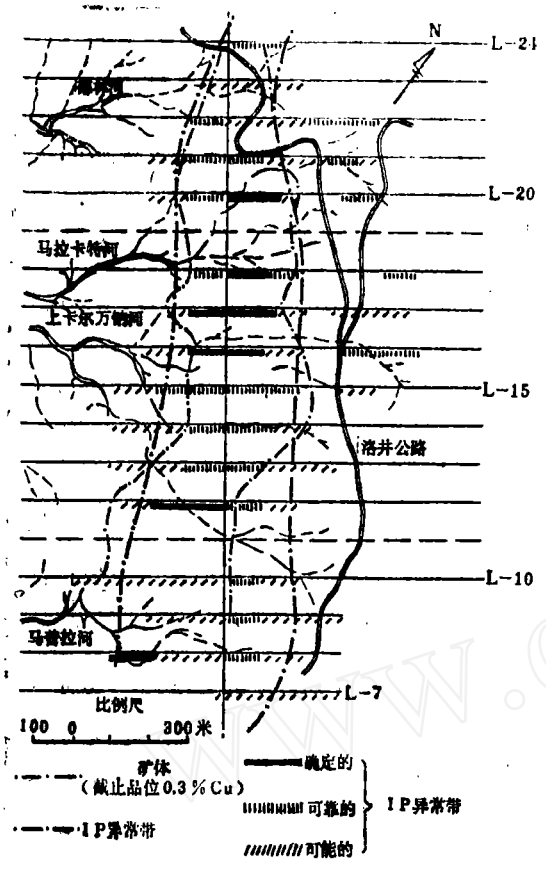


图3　内格罗斯岛南部欣诺班矿床平面图

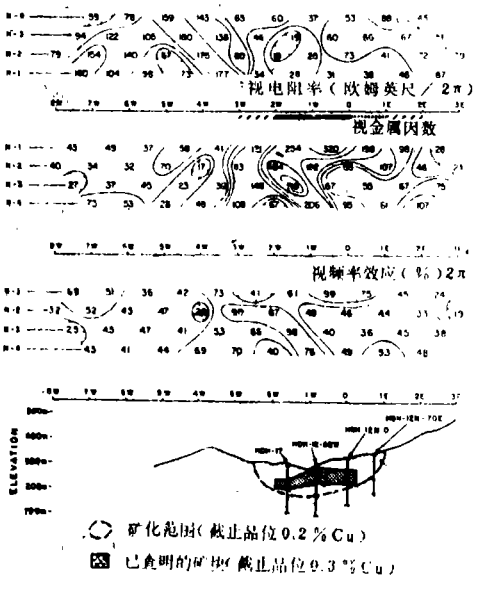


图4　欣诺班矿床13线激电和地质综合剖面图
x=100米，f=0.3和2.5赫

图5图6表示在武尔坎公司的锡帕莱矿床上得到的激发极化法结果。在资料中可见到线性断裂带的延伸是和在欣诺班矿床所见到的一样。虽然激电异常带较宽，但频率效应的异常强度大致相同。显然武尔坎矿床有向欣诺班矿床俯冲的关系，而在该地区的地形中得到了反映。初步钻探结果在深部遇到很好的硫化铜矿。但至今矿石储量还没有公布。

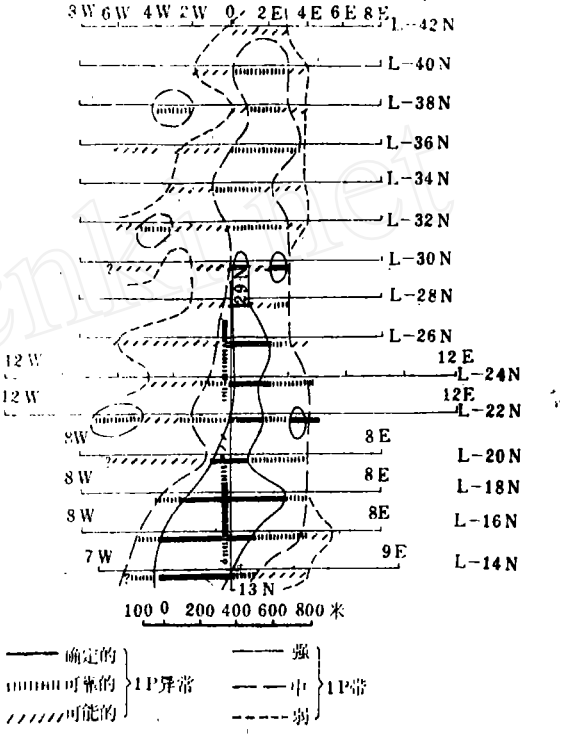


图5　内格罗斯岛南部武尔坎锡帕莱矿床平面图

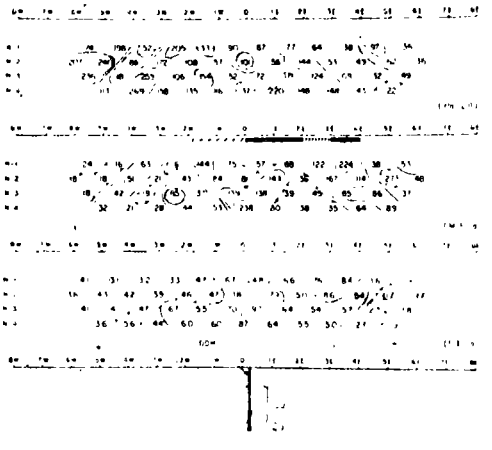

图6　武尔坎锡帕莱矿床22N线激电资料
x=100米　f=0.3和2.5赫

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

## 分带的矿床

在内格罗斯岛南部，沿120公里长的带内有巴赛矿床。这是在菲律宾发现的又一种斑岩类型矿床，它有明显的黄铁矿晕，是一个呈典型分带的斑岩铜矿床。控制构造特征和蚀变带在激电结果中有很清楚的表现。

这个地区的火山岩被一个北西走向的、主要由闪长岩、石英闪长岩和角闪闪长斑岩所组成的大岩基所侵入。矿体位于北东—南西走向的断层和岩基向东倾斜的接触带的交叉点上。铜矿以裂隙充填和浸染形式产在闪长岩和周围的火成碎屑岩中。

正如图7所示，矿床好象局部受到在9线附近相交的两个成矿前的断层控制。断层以东的异常特征是高电阻率，低频率效应（图8），与矿床核心部位重合。1973年完成激电测量后，建议在电阻率高的异常带中心（核心）和高金属因数异常带的周围（黄铁矿晕）之间进行钻探。到1975年一月为止共完成了72个钻孔，查明这个矿床的矿石储量为2亿吨，含铜0.45%。

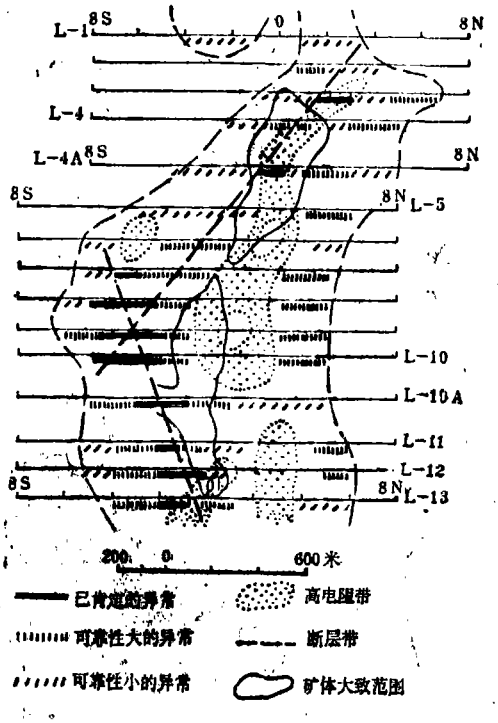


图7　内格罗斯岛南部巴赛矿床平面图

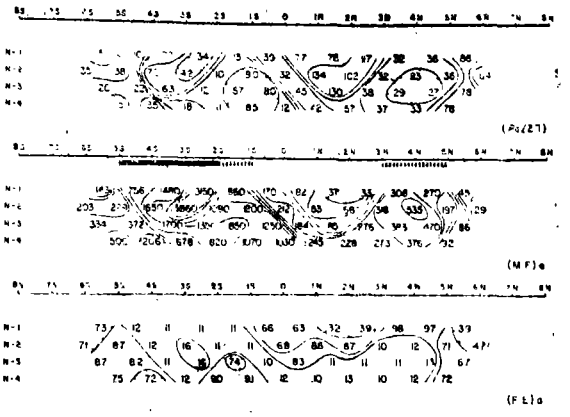

图8　巴赛矿床10线激电资料
：x=100米，f=0.3和0.25赫

## 湿式矿床

这类矿床有丰富的含水矿物，含矿体系的上部有强烈而均匀的黄铁矿化。菲律宾的这类型矿床有隆贝矿床，它位于马尼拉东北东方向大约50公里的吕宋岛上。

在该地区，岩墙或岩株状半深成侵入体切断了白垩纪部分变质火山岩和部分变质沉积岩。斑岩铜矿与黑云母闪长岩伴生。

在这个矿床上的激电结果（图9）表明，共轭的北东向和北西向断层具有复杂的形态。有迹象说明，侵蚀只剥去了矿床最顶上的一层。在较深处可以见到它只是一个简单的南北走向的控制构造。

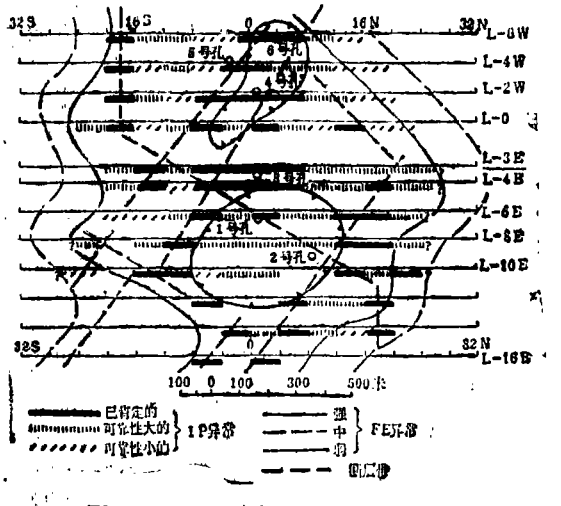


图9　吕宋岛南部隆贝矿床平面图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

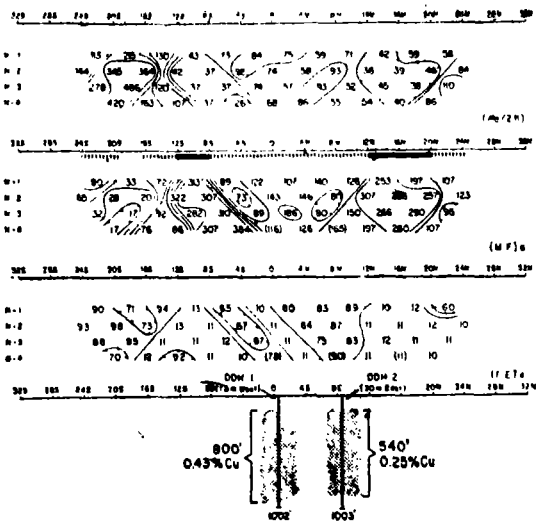


图10 隆贝矿床8E线激电和地质综合剖面图

如图10所示，频率效应和金属因数值都相当高，而且数值不变，表明黄铁矿化分布均匀。不过有两个地区频率效应值低。因为频率效应值低是与钾蚀变带和铜矿化带重合，可认为它们表示钾蚀变带最顶部的出露部分。根据激电测量结果，建议在频率效应低处的附近打钻，结果发现了很强的铜矿化。

## 结　　论

本文试图证明用激发极化法找斑岩铜矿床，一般来说没有简单的法则可遵循，例如，即使在一个有限的地区范围内，“总是在高异常处布钻”或者“总是在异常低处布钻”都不一定普遍适用，可行的办法是使激发极化的工作目标着重在填绘出蚀变带，或者是寻找控制每个矿床的构造特征。

频率效应的大小和特征可看成是侵蚀程度的一个重要标志。低频率效应值和中等电阻率值可指出斑岩体系根部的出露位置，并指出呈浸染状产在侵入体内的黄铜矿-斑铜矿-辉铜矿是激电异常的来源。强度中等或是成带分布的频率效应表明有黄铁矿存在，侵蚀面大约是在原来层位下面一半的地方（图11）。与形态复杂的断裂伴生的高而均匀的FE值可以指出，只有千枚岩蚀变带顶部出露。

从激电测量结果获得的电阻率资料与FE反应同样重要。由于硅化作用或缺失千枚岩化蚀变带和泥质岩蚀变带，一个分带矿床中的斑岩核心，通常表示出电阻率值高。主要构造特征表示为电阻率值低。在普查工作中，从一个斑岩矿床到另一个斑岩矿床可以成功地追索到这种特征。较弱的矿化沿矿床两侧的构造可以延伸到相当远的距离。容许热液自由迁移的构造被共轭的断层切割的地方，常常有新的矿床赋存。

构造控制的重要性大概出于所想象的斑岩铜矿床的板块构造成因。大陆岩石圈中的张力断裂将使斑岩岩浆沿大致平行消减带的区域走向分布。这些岩浆最后试图达到地表（在那里运动阻力较小），特别是在与共轭断层交叉处。无共轭断层的地方，形成的斑岩岩矿床延伸很长，蚀变带不明显。

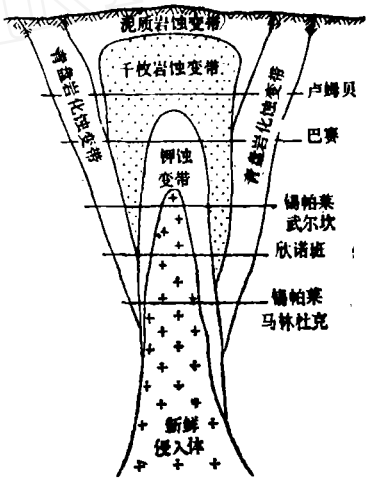


图11 非律宾矿床的蚀变带和侵蚀水平面

在受构造控制的矿床上和干型的矿床（没有黄铁矿的）上进行钻探时，钻孔应布在FE和MF的高值处。但有明显分带的矿床，FE和MF值都非常高，说明大概是由不含铜矿的黄铁矿晕引起，因此，应该在高电阻率核心部位和高MF异常带之间布钻。宽而均匀的EF反应带和有复杂断裂的矿床，可能斑岩体系侵蚀不深，所以要打较深的钻。

高兰摘译自：《Geophysics》，
1976，Vol.41，No.1，
pp.106－122

作者：W.H.佩尔顿，P.K.史密斯

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net