

激发极化法在勘探菲律宾棉兰老岛铜矿中的作用

菲律宾有许多地区都盛产铜矿。矿床种类很多,有浸染矿也有矿脉。因为岩石风化很深,近地表的淋滤作用将铜矿物一般都搬运走,茂盛的植物遮盖了岩石露头,地质情况复杂。由于有这样一些特点,所以矿床与地质间的关系不明确,用老一套的地质勘探方法感到困难。尤其是成矿前后的断裂与矿体呈扁豆状,提出了很多问题。任何有助于查清矿体几何形态和分布的方法,对于在菲律宾寻找铜矿和其它金属矿是非常有益的。

本文描述菲律宾南方棉兰老岛西部南桑博安加省东北角的一个典型实例。此矿位于利帕旺村(杜明葛格镇),约在奥萨米士城以西30英里。

利帕旺地区的地形有起伏的丘陵,也有崎岖的大山,海拔高度100~1000英尺。6~11月雨量很大。台风在菲律宾南方很远才有,但在这里不常见。岩石风化很深,露头多出现于河床,冲积层则局限于大的河谷内。

勘探开始于1957年,小规模开采富矿则开始于1960年。1962年才开始有选矿,1957到1967年的10年来,几次生产经营失败,先后改组更换股东四次。

每次失败主要原因并非完全由于矿量采尽,而是发现矿体的速度太慢,不能满足生产要求。开勘探巷道与打钻揭露了有可采的铜矿,但是寻找和圈定错断的矿段需要时间和费用,采矿作业经常间歇,使每次经营不久就在经济上受到打击。

显然,迫切需要一种可靠而有效的方法来追索矿体。由于岩心采取率很低,地质资料不充分,根据对矿体形态的了解来指导钻

探那些一般的找矿方法在这里用处不大。

地质情况

在利帕旺地区,下伏地层是中新统的安山熔岩和火山沉积物。常见的有枕状和球状的熔岩流与厚度不大的流状角砾岩、集块岩和凝灰岩互层。这些地层延伸都不很大,辨认不出包含有对填图有用的地层。在所研究的地区内,这套地层受褶皱不大,倾向南东,倾角20~40°。

主矿带以西几千呎,闪长岩侵入火山岩,矿带含黄铁矿和磁铁矿不多。火山岩在适宜的位置上为小的闪长岩岩脉和岩床以及有关系的细粒岩石侵入。

有两种类型的铜矿:(1)含黄铜矿、黄铁矿和极少磁黄铁矿的石英脉;(2)层状凝灰岩和集块岩中的交代矿床,所含矿物与石英脉中所含的矿物类似,但含磁黄铁矿十分丰富,并且和黄铜矿一起可以形成厚达15呎的致密矿层。石英脉呈南北走向,而交代矿床的走向则与火山岩地层的北东走向一致。两种类型矿床各带有另一类型矿床的某些特征,显然两者是有联系的。

成矿前和成矿后的断裂都很多,而且很复杂,但现已看出了某些规律,当然断层有利亦有弊,对这个地区的成矿起了重要的作用,但对勘探和探矿则带来了困难。

勘探方法

初期的勘探和探矿工作对矿体有着一致的看法。大多数石英脉的走向是北10°西,向东呈陡倾,成矿后的断层,其走向一般是

东西或北东方向，倾角陡，向右边位移根据老采矿业记录，有一条向南持续、够品位而且相当厚的斜交脉，其厚度与矿脉的膨胀或是与成群的平行矿脉的发育有关。斜交脉与矿脉中主岩层的接触线重合，这种关系部分是由于构造上的原因，部分是由于围岩容易交代的原因。

尽管有了这样一些认识，但钻探、槽探、平峒和坑探均未能满足对新矿的需求，需要另外的方法来帮助。

自然电流法与电磁法测得很多异常，鉴别这些值得进一步研究的异常，常常无法实现，地球化学土壤采样虽得到好的结果，但由于在本地区铜晕分布很广，方法的客观有效性降低。

激发极化法的应用

1968年在利帕旺开始了激发极化法测量，采用了森特列克公司生产的时间域发射

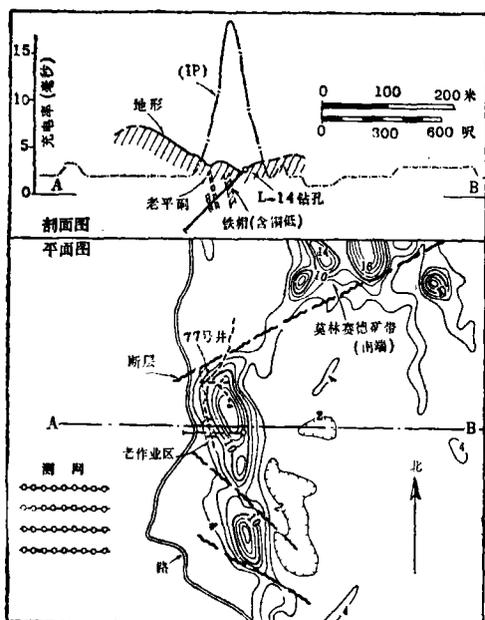


图1 利帕旺区77号大井附近的IP异常图

机，其额定功率为2.5千瓦，接收仪器是纽蒙特公司设计的。相对的讲，仪器的功率并不

大，所以勘探深度有限。选择这套仪器的目的是为了轻便，便于在山区使用，同时也是为了试验该方法在这个地方的有效性。这里所描述的成果全是用“三极装置”测量的。

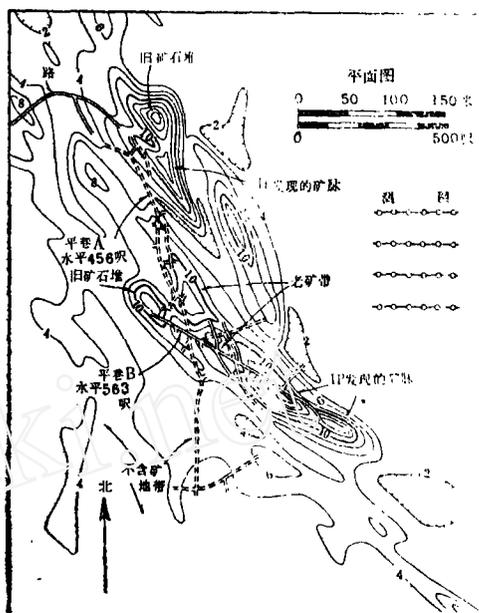


图2 中利帕旺矿区IP等位线图

(注意图中异常是标高200呎以上的浅部矿引起的。矿体一般向北东呈陡倾斜)

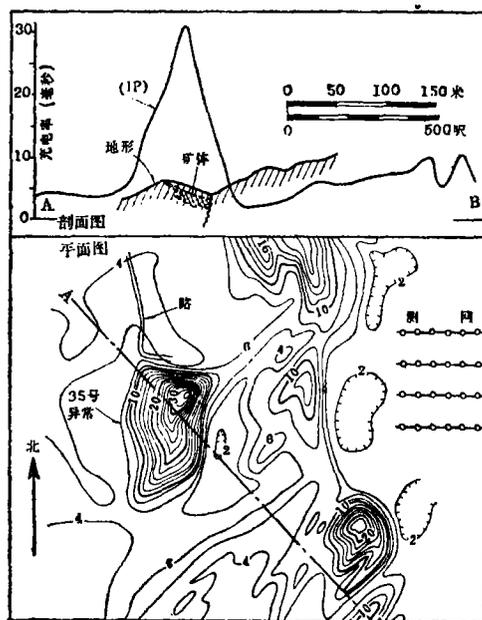


图3 利帕旺“35号异常”区的IP结果

电极距50呎，测点距也是50呎，测线距为100呎。这样小的电极装置在激发极化测量中一般很少使用。

此方法可提供两个参数：(1) 充电率“M”，以毫伏-秒/伏为单位（通常用“ms”代表），是衰减电位在一固定时间的积分；(2) 因数“L”，根据“L”可以进一步分析电压衰减曲线。另外，还测得电阻率和自然电位。为简便起见，本文只讨论“M”的测量结果，它已足够说明方法的有效性。发现在利帕旺地区电阻率与矿化无关，看来电阻率只是与岩石的湿度关系比较大。

关于激发极化法经常问到的一个问题就是“它的勘探深度有多大？”，在利帕旺地区勘探深度并不是主要的，这里宁愿用小的电极装置，因为用小电极距能得到高的清晰度和高的鉴别力。在这里初步目的是要求得到就在10~30呎风化层下面的金属矿带的分布图。除了提供可得到验证的目标以外，这样的图对改正地质人员对矿区的推断解释有很大的帮助。在任何时候与任何地段，如果需要地下更深的激发极化法资料，那都是不难取得的。

结 果 讨 论

1. 在利帕旺许多无矿地层上，激发极化的背景值都相当低，而且很均匀，这说明熔岩和伴生的沉积物中的黄铁矿和磁铁矿的含量很低。在某些长3000多呎的测线上所测得的激发极化结果，变化都不超过1毫秒，这是一个理想的背景，即使是与少量硫化矿有关的异常也可以显示出来。

图1~3所示的异常是成果的一部分，只是为了说明问题。尤其是在剖面图上，可看出异常之间的IP值显示特别平缓。

2. 虽然薄脉与细脉在膨胀的地方可能变厚，但典型的含硫化物的石英脉，其厚度是3~8呎，倾角60~90°，此种矿化带清楚地由IP异常圈出。不仅矿脉可引起IP异常，而

且附近围岩中的黄铁矿化也能产生IP异常，IP值一般是8~20毫秒，与背景值相差很多，异常不难辨认。

图1和图2表示在个别矿脉和细脉群的膨胀部位上的IP异常形态。

3. 被硫化矿所交代的缓倾斜地层的“M”值最高。这些矿床似乎都是致密矿，而IP法一般只是在浸染硫化矿床上才产生最强的反应。这种强大的IP反应可解释为由于浸染矿和相邻地层中的黄铁矿所引起。但也与所用的勘探深度小的电极装置有关。靠近风化带的底部，致密硫化矿的上部有裂缝，并且矿石氧化，在这种情况下，使得金属导体和离子导体之间的接触面积增大，这足够清楚地说明了IP反应强的原因。埋藏较深的致密硫化矿，其IP反应可能会减弱。

“35”号异常带示于图3，矿床是根据它的IP峰值命名的。矿体上部有15呎是由致密黄铜矿和磁黄铁矿组成，与风化无矿的地层明显接触。下伏的凝灰岩有20呎厚并含有浸染硫化矿。在北边和东边有断层使IP异常在那两边突然终止。如果采用大的极距，使勘探深度增大时，这种特征可能不会很明显。

4. 用几种不同电极距，重复IP剖面测量，可确定矿化带的倾角，于是可得到不同深度的异常。此种方法所取得的结果虽是定性的，但在没有地质线索和有这种需要的情况下是有用的。对于倾斜不大的厚矿层（例如“35”异常地区）应用这种方法最为有效。

5. 在接触带，岩流和岩层中黄铁矿或磁铁矿含量可能有变化，用IP法可能查明其走向。幸亏利帕旺地区的IP背景值低，这些特点引起的IP异常只有1~2毫秒，而且穿过六七条测线还可以追索到。这种资料对于在地表露头少。缺少有关走向和倾角材料的地区是有用的。

主要地层的走向在IP的平面图上可以表现出来，图1中的走向滑断层就表示的很清楚。

6. 在利帕旺地区IP异常和矿化带之间关系密切, 矿脉或矿层受断层作用产生很明显的水平断错。另外, 除成矿前的断层, 也就是现在的矿脉之外, 某些断层由于它们本身伴生有黄铁矿也产生异常, 在IP图中成矿前后的断层都可以认出。

竖井77的北边有一北东走向的断层(图1)是在地下先发现的, 它的重要性还不十分清楚, 直到后来做了IP测量才证明它向北东伸到莫宁赛德矿带, 是矿脉带的南部界限。

结 论

1. 在利帕旺发现新矿量, 恢复了生产, 主要依靠IP法。现在在那里的找矿程序中IP法仍然是一个必不可少的组成部份。

2. 在潮湿的热带条件下, 由于风化作用的结果, 使一般的勘探方法的有效性降低。IP法可以穿过风化层, 反应出下面的金属硫化矿, 在这方面似乎没有其它地球物理方法能够有IP法那样的可靠性。例如, 潮湿的土壤岩石的电导率高, 对电阻率法可能有影响, 另外像自然电位和电磁法, 在这个地区产生很多异常, 以致区分矿和非矿异常有困难。

3. 热带风化作用将地质情况遮掩起来, 一般靠地表填图方法不能获得更多的详细资料。不要求大的深度, 以密的测网和小的极距进行IP测量, 能够测得地下“露头”的分布图, 这对于在给定地区查明矿床的构造控制和其它控制是很有帮助的。这样的测量方法还可以有助于划分岩石的主要类型。

4. 如果用IP法研究深部的情况, 则得不到属于矿床以及其它地质特点的细节。此外, 如果硫化矿伸到风化带, 那末在风化层中矿石被破碎, 并且氧化, 在IP法中采用勘探深度小的电极装置, 比用勘探深度大的电极装置可以获得块状硫化矿更好的反应。勘探计划一定要依据当地的要求来设计和评价, 当然必然还会有这样的情况, 即深部的一般的资料比浅部的详细的资料重要。

几乎所有勘探地质人员都会遇见广泛分布的热带和其它的复盖层, 他们幻想能有一种剥离复盖层使岩石出露的巨大堆土机就好。在颇大的程度上详细的IP测量能够实现这样一种希望。

彭正化摘译自《24届国际地质会议文集》, 第9卷, 勘探地球物理部分, P. 89~97

新书《铬铁矿矿床的成矿规律》征订

[苏] H. B. 巴甫洛夫等著 桂林冶金地质研究所译

本书以苏联乌拉尔和古巴等国为例, 介绍了地槽区超基性岩及与其有关的铬铁矿矿床成因问题的多年研究成果; 论述了侵入体在地质构造中的位置及其形态、时代、岩石与化学成分、内部构造、原始构造和侵入期后构造要素以及铬铁矿矿床与岩石化学成分的关系; 讨论了岩石和金属矿物的化学成分及其变化规律; 提出了褶皱区超基性岩中铬铁矿矿床的成矿与分布规律。

本书共分四章, 根据苏“保矿出版社”一九七三年版译出。32开本, 共238页, 约17万字。可供从事铬矿找矿勘探、矿床研究的地质工作者、科研人员及地质院校师生参考。

单位和个人均可订阅, 由单位统一办理订阅和汇款手续。每册定价0.80元(包括平邮邮资在内)。

订 阅 处: 广西桂林一〇三信箱《地质与勘探》编辑部。

银行帐号: 中国人民银行桂林市东江办事处, 78931。请在汇款单上注明订“铬矿”用款。