## 用各种电极装置测得的时间域IP剖面的比较

前 言

在过去的几年里,在导电的脉状矿体上 进行了直流电阻率剖面法的理论研究、模型 实验以及野外实际测量。结果表明:与其它 电极系统(包括焦聚的电极排列)相比,最 简单的两极装置在极距较小的情况下产生大 而简单的则显异常。这篇短文介绍了激发极 化剖面法中各种电极装置特性的对比结果。

实验中所用的电极系统有:两极、三 极、改进的单极、极-偶极、偶极-偶极、舒 伦贝尔格以及温纳α和温纳β等几种(图1)。 总共做了5条试验剖面,其中有两条剖面是 在印度迈索尔的奇特拉杜尔加区、在英加尔 德哈尔的一个导电硫化矿上,其它三条在印 度泰米尔纳杜的马杜赖区、在乔奋拉兰加拿 姆的一个导电石墨矿上。在这几条剖面上所 做的电阻率剖面以及地质和钻探结果已在阿 帕罗和罗伊的论文中详细介绍过。本文里面

雷克矿田斑岩铜矿细脉中矿物分布的垂直分带作出了定量评价。发现的矿化总深度为 1400米,最稳定的可信深度范围距地表800米。

2.细脉矿物及其共生组合发现率峰值分 布的总垂直分带自下而上为:硬石膏、辉钼 、矿;石英、黄铜矿;磁铁矿、黄铁矿;碳酸 盐、含贵金属的多硫化物组合(黝铜矿、黄 铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿)、赤铁 矿、沸石;重晶石、石英-绢云母组合。世界 的其他斑岩铜矿床中也见到类似的分带性。

3.由现代地表向深部矿物分布总的垂直 范围是:辉钼矿、石英和硬石膏不小于1200 米,沸石为800米,重晶石为700米,石英岩 为600米。

、 4.矿物发现率的垂直分布与对数正态规 律是不矛盾的。计算一定中段上矿物发现事

2

图3、4、5、6的1P(激发极化)剖面的位置 与阿帕罗和罗伊论文中的图6、7、8、9中的 剖面位置相同。

激发极化测量是用 IPM-4 型时间域激 发极化仪完成的。此种仪器发出的一次电流 是一列寬度为400毫秒、间隔800毫秒、正负交 替的方形脉冲。测量在不同时刻t的残余电 压ΔVt与一次电压V的比值(以每伏若干毫 伏表示), t是断电后的时刻, 有20、40、 80、120、160、200、240 与280 毫秒几种。

Ł

ł

充电率m的定义是

$$m = 1 - \frac{\Delta V_{\circ}}{V} \cdot \frac{1}{1000},$$

式中  $\Delta V$ 。是在断电躁刻t=0时的剩余电压 或极化电压。为了根据不同时 间<sup>4</sup> 测得 的  $\Delta V t / V$  值来确定  $\Delta V_o / V$ 值,需要把测得的 量向后外推到它在t=0时的值。由于激发极 化衰减曲线近于指数曲线,最好是在半对数

的成对和单独相关系数,可以用于研究矿物 共生组合的稳定性。

5.在编绘矿物发现率比例图解及计算成 "对和单独相关系数的基础上,确定了斑岩铜 矿的最主要矿物——黄铁矿、黄铜矿和辉钼 矿以及含贵金属的多硫化物组合的空间关 系。自下而上矿物堆积峰的变化次序是:辉 钼矿→黄铜矿→黄铁矿。含贵金属的多硫化 物组合分布的最高峰要偏上一些,而矿化本 身也见于矿带的两翼。

6.所揭示出的金属和脉石矿物带状分布 规律,展示了预测深部斑岩铜矿的新的可能 性。

> 鲁宁译自: «Геология рудных месторождений», 1974, №1, стр.43~53

作者。 H.M. 戈罗瓦诺夫等

座标纸上绘出 ( $\Delta V t/V$ ) -t 曲线 (t 画在线 性标度上) 然后进行外推 (图2)。

关于在两极、三极、改进的单极和极-偶极装置中,无限远电极的安置问题可参考阿帕罗和罗伊(1973)的文章。一般,把无限远电极打在剖面的垂直平分(大致的)线上、距离为最大极距的8倍到10倍远处比较合适。这里所讲的极距是指任何一种系统最外侧的两个有效的电极之间的距离(图1)。虽然我们在野外工作中在采用两极装置时,两个无限远电极是放在剖面相反的两侧,但是将其放在剖面的同一侧也是可以的。不论是进行激发极化测量还是进行电阻率测量,使用这种装置,可使野外工作进一步简化。

试验地区围岩的电阻 率 为100欧姆米左 右。

成 果

## **英加尔德哈尔地区**:剖面A

图 3 表示在该剖面上用各种装置测得的 IP曲线。用极距(L)等于 8 米的 两极 装置 测得的剖面发现一宽而小的异常,显然所用 的极距太小。当L = 12 米时,异常变大,而 且很明显。随着极距增大到 L = 48 米异常的 幅度也增大,但当极距进一步增大到60 米和 90 米时,异常的幅度却减小。所以最佳极距在 50 米左右。位于测点O处 的 钻孔KUG 3 以 45°倾角向东在斜距60~96 米之间 见 到硫化 矿。图3 中IP异常在平面图上的位置与阿帕 罗和罗伊的电阻率异常以及早期印度地质调 查所用电磁法所发现的异常带的 位 置 都 吻

图 1 所用的各种电极装置,注意极距的定义

2



合。

三极装置在L=12米时未见异常,而两 极装置在L=12米时已测到足够大的异常 了。三极装置的异常大小随电极距增大到96 米一直在增大,以后则慢慢地减小,从L= 180米的曲线可以看到。所以三极装置的最 佳极距大致是100米,而且在此极距时共异 常大小比两极装置的异常小四倍多。

在改进的单极装置的剖面中,当极距由 8米增大到96米,异常逐步变大。在L=96 米时,异常的大小大致是相同极距时三极装 置的异常的两倍,是极距18米两极装置的异 常的一半。

极-偶极置在 L = 60米时得到最 大 的异常,其大小等于三极装置在 L96米的异常。

偶极-偶极装置在n=4时没有发现任何 异常。这一结果有点出乎意料,而且目前还 没有得到解释,可是这在所有剖面上部这 样,我们可看到甚至在n值更小的情况下

(n等于3或2)也都没有异常。在野外工作中经过重复检查并未包含有实验误差。β 温纳装置相当于n=1时的偶极-偶极装置, 也未曾发现任何值得注意的异常。应该注 意到以前印度地质调查所曾用频率域仪器、 采用n=4的偶极-偶极装置在这条剖面上发现一个IP异常

舒伦贝尔格装置虽然和偶极-偶极 与 β 温纳装置一样,没有甚么太多的特点,但也 没有得到好的异常。

常用的α温纳装置只是 在L=36米时取 得了矿异常,其大小与同样大极距的改进的





t

à





70

2



1

Ì

4

7

٩

¥

9

图 5 印度泰米尔纳杜的马杜赖地区,在乔赛拉面加拿姆的A 剖兰上的时间域 激发极化充电率剖面



**71** 





单极装置的异常相近。当极距大于或小于36 米时,α温纳装置的异常值降到很小。

英加尔德哈尔地区: 剖面 B

图4表示在该剖面上的各种IP曲线。在 此剖面上,两极装置的最佳极距不如在剖面 A上那样容易确定。在L=12米时虽未见异常。 但在L=24、36、60、和90米时,得到大小相差 不多的异常。让我们注意一下在这一点上的 错综离奇的特征。印度地质调查所在此剖面 上的W25与E25 测点上分别发现一个明显的 电磁异常和一个明显的频率域偶极 - 偶极的 IP异常。我们用两极和改进的单极装置在这 两个测点上都得到时间域的IP异常,而偶极 -**偶极装在这两个测点上**都没有反应。在这两 个测点上钻孔都见矿。结合印度地质调查所 的以及我们在剖面A取得的IP结果来看,有 没有IP异常不仅与装置的类型有关,同时还 与是在频率域测量还是在时间域测量有关。 我们还顺便注意到在这个剖面上用电阻率剖 面法所测得的结果,异常很宽,异常中心位于 测点E25的IP异常处(见阿帕罗和罗伊的文 章Geoexploration, 1973, №1, P.33图 7),该异常是否包括GS1EM异常和我们、 在W25测点上的IP异常,还不十分清楚。

在剖面上用三极装置在L = 12和36米 时 未发现可靠的异常。在L = 60和96米 时,在 E25点上得到最大的异常,其大小比用L = 24 米的两极装置所得的异常的一半还要小。在

- 7

W25号点上没有见到单独可辨认的IP异常。

用改进的单极装置得到两个异常,异常 形状与两极装置的异常相似。它在L=24和 36米时的最大异常与用两极装置得的异常, /大小几乎一样,L=60和96米时,异常减小。

虽然极一偶极装置在L=60和96米时的 最大异常和同样极距的三极装置的异常大小 相似,但可以认为它比三极装置的特性稍胜 一筹,因为(a)它在L=36米时已经发现有 可以辨别的异常,而且在W25号点第二个较 小的IP异常处也有微弱的表示。

Ł

ì

正如前面提到过的,n=3的偶极-偶极装置在矿体上未见异常。舒伦贝尔格装置与α 温纳装置测得的剖面与极-偶极以及三极装 置的剖面差不多,但前两者的异常幅度似乎 要小一点。

乔赛拉兰加拿姆地区: 剖面A、B、C

在该三个剖面上用不同电极装置和不同 极距所测得的时间域激发极化剖面分别示于 图 5、图 6 和图 7。在这地区,石墨矿埋藏 不深,用小的极距也可以获得异常。

剖面A:两极装置甚至在L = 5 米时 也 得到较大的异常。在L = 7.5米时异常达到 最大,并且在更大的极距上异常幅度保持不 变。三极装置在L = 15米时的异常与两极装 置在L = 5 米时的异常相差不多。在L = 30 米异常达到最大值,但比两极装置的最大异

## 根据爆破孔资料计算矿块品位的方法

每一个爆破钻孔提供一个品位数据,这 项品位资料将在钻孔的影响范围之内对矿块 有效。当矿块中有若干钻孔时,它的平均品 位往往取这些样品资料的算术平均值。

\$

ł

2

确定矿块品位的这个久已通行的方法并 不是很精确的。矿块金属含量理应根据所有 的钻孔(包括矿块内外的钻孔)资料计算。



常值略小。改进的单极装置所 测 得 的 剖面 比较零乱, 异常幅度与三极和极-偶极 装 置 的异常差不多。n = 2 的偶极-偶极装置甚么 异常也未见到。舒伦贝尔格装置和α温纳装 置测得的剖面也比较零乱, 而且异常的幅度 也小。

剖面B: 在这条剖面上,两极装置和改进的单极装置在异常大小和极距方面,特点 是差不多的。所有其它装置显然比上述两种 要差。

剖面C:虽然在极距和异常大小方面, 两极的、三极的以及极-偶极的装置的反应 彼此近乎一样,但由于两极装置在L=7.5米 时已测得了大的异常,可以认为它的特性比 别的装置强。

## 结 论

一般,最好能用较小的极距就可以测得 较大的异常,就这一点来讲,两极装置的特性 似乎最好。另外,正如在阿帕罗和罗伊的文 章中曾经讨论过的那样,应用这种装置进 所谓"克瑞吉法",就是满足这个条件的品位计算方法。

由于各个钻孔与矿块中心的距离不同, 它们的样品品位也分别具有不同 的 加 权 因 数。如果只根据矿块中心的样品 求 块 段 品 位,那么有工业价值的矿块品位 将 系 统 偏 高,周围的非工业矿块品位也将显得较高。

> 计算品位的中心矿块及其周围的 空间具有同样的地质条件,是使 用克瑞吉法的前提。在几个钻孔 分别穿过矿石类型不同的块段 时,克瑞吉法不宜采用。

克瑞吉法如下(见图)。需 要计算品位的矿块有中心结孔 A,第一环带的钻孔为B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、

行野外工作,效率较高,因为要移动的电极 的数目只有两个。

会有这样一个问题,就是IP衰减曲线的 开始部分是不是受到了瞬变电磁效应的影响。IP电位衰减时间常数大致比电磁效应的 衰减时间常数大1000倍,并且后者在断电后 约2~3毫秒就完全消失。斯特瑟姆所得的实际的野外资料,也证实了在类似的极距和导 电率的情况下有这样的电磁瞬变衰减。我 们第一道采样是在20毫秒,因此显然已不存 在有电磁瞬变的干扰。

有兴趣的注意到,赛吉尔根据理论研究 得出的看法是,在电极距给定的情况下,按 勘探深度减小的顺序排队,首先是两极装 置,其次是三极和温纳装置。我们的野外结 果也证实了这一点。

罗励泽译白: 《Geophysical Prospecting》

1973, Vol.21, No.4, P626~633 作者: A.罗伊等