

地、高质量、高效率地进行测量（尤其在矿体埋藏浅或在井中或坑道中）作激电观测时更应如此。建议野外操作规程应作适当的修改。

对异常区内的观测质量标准和评价质量的方法应有恰当的规定。在仪器时控系统对T、t值精度不高和矿体极化条件有变化的情况下，可将相对误差的标准放宽，否则建议采用平均绝对误差的评定标准（对 $\frac{\Delta V_2}{I}$

及 η_0 分别定出不同的数值）。

4.极化体表面的物质成分或固相与液相相接触的物质成分对激电异常的量值大小和充、放电曲线形状有极大的影响，使按放电曲线评价产生激电异常的地质目标（尤其是物质成分）变得更为艰巨。

5.各种极化介质激电异常电化学活动性的规律有进一步继续深入、全面研究的必要，这对找矿和评价异常都可能带来良好的前景。

鞍山区重力勘探地质效果及对某些问题的讨论

鞍钢地质勘探公司 潘勇飞

前言

解放初期，在鞍山磁异常的基础上曾作了少量面积性的重力工作，得出的结论是：基岩地形起伏可引起重力异常；在鞍山平原范围内没有较大的弱磁性的和非磁性的矿体；根据对李三台子的重、磁剖面进行矿体埋深计算，求得埋深为1000~1500米，这500米的深度差解释为鞍山式铁矿的氧化带。

1974年开始为在鞍山区寻找风化壳型富铁矿，作了将近1000平方公里的1:20000（200×50米网度）的重、磁测量。目前全部资料还没有整理完毕，不过根据部分重力异常的钻探结果来看，其效果还是可以认识的。

现在对数据处理、资料整理和选取中

间层密度几个方面提出一些个人的看法，虽是针对鞍山区重力工作提出的，或许对其它地区开展重力工作也有参考意义。

鞍山区重力勘探的地质效果

发现有下列几种情况的重力异常：

1.鞍山式铁矿引起的重、磁同现的异常：由于鞍山式铁矿磁性强、密度大，因此当其具有一定规模时，能产生重、磁综合异常，这是在已知矿上早已实际证明的了。异常的特点是在平面图上表现为布伽重力异常等值线有明显的弯曲或自行封闭。重力二次导数异常同磁异常吻合，并有明显的走向延长。异常剖面图见图1。有的重、磁异常中心位置吻合较好，多数异常沿走向和倾向有一定的位移。

2.有重力异常但无磁异常：在鞍山平原及东部山区发现不少这类异常，原来认为异常可能与（高密度、弱磁性或无磁性的）风化壳型富矿有关。但经钻探验证查明，绝大部分是闪长岩的反映。认为下列两种地质原因可能引起该类异常：

①闪长岩可引起重力异常。鞍山区所见的闪长岩，磁参数测定、地面磁测及钻孔三分量磁测井都证明闪长岩并没有磁性，但其密

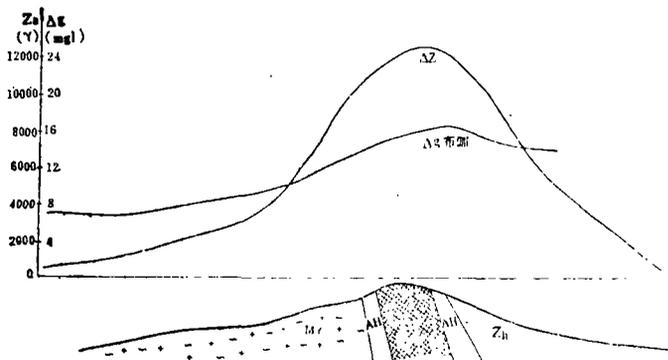


图1

度较大 ($\sigma = 2.9 \sim 3.0$)。同石英岩、混合岩、千枚岩相比都有明显的密度差。当闪长岩具一定规模时就必然因剩余质量而产生一定数量级的重力位,所以在闪长岩体上表现为有重力异常而无磁异常的特点。实测异常特点是:布伽异常有明显的弯曲,在区域场强度降低方向凸出。重力二次导数 ($S = 400$ 米) 表现为低等值线连结,而高等值线呈椭圆形孤立的封闭异常。这是因为闪长岩岩体密度大、侵入深度不同而且不连续所致。

已经验证由闪长岩引起的重力异常有前三家峪异常、月明山异常、苗堡异常及高占屯异常。利用测定的密度及钻探控制的深度和规模对闪长岩体进行了正演计算,计算结果同实测结果吻合,从而更加肯定闪长岩体确能引起较强的重力异常、从钻探结果看出:闪长岩都赋存在震旦系底部的不整合面上。闪长岩就是沿此构造薄弱部位侵入的。

②第四系下面基岩隆起引起的重力异常。由于第四系下的基岩(灰岩、页岩、混合岩、千枚岩等)相对第四系来讲是正密度界面,稍有隆起就可产生重力高。虽然没有直接布置这方面的工程验证,但苗堡异常是有这方面的因素的,在异常中心附近恰有寒武系出露而周围则均为第四系,可见寒武系在此处隆起。

M24号航磁异常区的重力工作实例(图2)也证明了基岩隆起确实能引起重力异常。

另外,在解释引起非矿重力异常时,有人提出“山形异常”问题,但山形重力异常一般均出现在山地,异常等值线同山的等高线相似。

对于介质均匀、密度为 σ 的大山所引起的异常经改正后将不再存在,因为重力观测

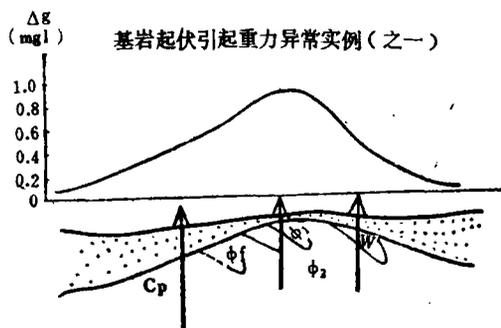


图 2

值要经过以下三项主要改正:

高度改正,改正值 $= 0.3068 \Delta H$,它与中间层密度 σ 无关。只要 ΔH 准确,此改正值没有问题。

$$\text{地形改正, 其值} = \frac{2\pi f \sigma}{N} (\sqrt{\rho_{i+1}^2 + H^2} - \rho_{i+1} - \sqrt{\rho_i^2 + H^2} + \rho_i)$$

中间层改正,其值 $= -0.042 \sigma \Delta H$ 。

后两项改正均同 σ 有关。对同一剖面,如选取不同的 σ 进行改正,所得改正曲线彼此平行。可见随 σ 的取值不同,只能产生改正过剩或改正不足的问题,而且由于其幅度较小,不会产生明显的异常,造成“山形异常”是因对应的山区地段不是由同一密度的均匀介质构成,于是沿垂向有正密度界面存在。事实上,在鞍山已出现“山形异常”的几个地段,在出露的混合岩下面而不是千枚岩就是闪长岩,其密度都远大于混合岩的密度。

为避免改正过剩或不足,关键在于所取 σ 的值应符合客观实际,所以 σ 的取值方法值得研究(下文再讨论)。

重力垂向二次导数的应用效果

垂向二次导数是利用布伽重力数据,用物探公司的121机手编的“等间距权系数延拓滤波计算程序”按艾勒金斯III式计算的。分别算出了 $S_1 = 100$ 米, $S_2 = 200$ 米, $S_3 = 400$ 米的三套 $\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$ 值。最近物探公司研究室

重力组计算了羊草庄以北(没做地改的平原范围内)地带的二次导数,加在一起,总共计算了将近150平方公里的垂向二次导数。

采用二次导数方法处理布伽异常不仅能消除区域重力场的干扰,并能从多个叠加重力异常中分出单个异常。另外,如果采用不同网格距 S ,反映出不同深度的地质构造,改变 S 值能起到滤波作用。从三种不同网格距 S 的二次导数图上可明显看出, S 小的二次导数图上异常零乱,走向不明显,规律性不强。说明地表及浅层小的地质体的影响起主导作用。

随着网格距的增大,异常逐步变明显、整齐圆滑,而且有一定的走向。说明深部较大的地质体的影响起主导作用,浅部较小的

地质体的影响则被滤掉。从鞍山区做过二次导数的几个地段来看,用大网格距S计算的二次导数的地质效果比较好,工作中应选择最佳的网格距来进行计算。

根据不同S的二次导数特征,判定地质体的相对延深和埋深的规律如下:

①用小网格距S计算的二次导数图上有异常显示,而用大网格距计算的图中没有异常显示,这说明地质体埋藏浅,向下延深不大。

②用小S计算的有异常显示,用大S计算的也有异常显示,而且显示的更加清楚,这说明异常是埋深浅、延深大的地质体引起的。

③用小S计算的图中没有异常显示,而用大S距计算的图中才有异常显示,说明引起异常的是一个埋深和延深都大的地质体。

利用重力、磁异常研究鞍山区前震旦系构造轮廓

利用鞍山地区以往和现在所获得的重力测量资料,可以分析前震旦系基底起伏构造。

从大量的区域密度资料测定结果(见表),可以清楚地看出,中生界与古生界及古生界与前古生界之间有两个密度界面。

由于鞍山区出露的岩层最新为奥陶系,所以中生界与古生界的密度界面不存在,只剩下古生界与前古生界的一个正密度界面,这个界面即前震旦系的结晶基底的上界面。该界面的起伏与布伽重力异常的重力高和重力低对应。不但有参数资料为证,而且已被牛庄重力高上的六个钻孔所证明(图3)。

地质时代		系 σ (g/cm ³)	界 $\bar{\sigma}$ (g/cm ³)
界	系		
中生界	白垩系	2.47	2.38
	侏罗系	2.29	
古生界	石炭、二迭系	2.59	2.69
	奥陶系	2.74	
	寒武、奥陶系	2.71	
	寒武系	2.71	
	震旦系	2.61	
前古生界	前震旦系	2.81	2.81
	混合岩	2.50	
	鞍山式铁矿	3.04	

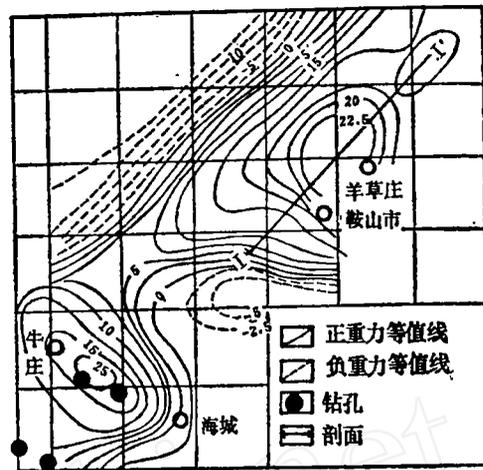


图3

据此断定鞍山区的重力高反映了鞍山区前震旦系结晶基底的隆起,是一个向北倾斜的穹窿构造(短轴背斜)。隆起前接受了古生界的沉积,隆起后古生界的沉积和铁矿以及上盘混合岩、围岩都一起被剥蚀掉,因而露出了鞍山式铁矿的下盘混合岩。经同位素年龄测定得知,该混合岩比上盘混合岩为老,给出了旁证材料。剥蚀前后的重、磁异常形态见图4。利用重力资料还可以确定断裂构造和高密度的岩体,这在鞍山都有证明。

对重力勘探地质效果的讨论

重力勘探对寻找和发现鞍山式铁矿是有效的。无论矿体是在山区还是在平原,无论

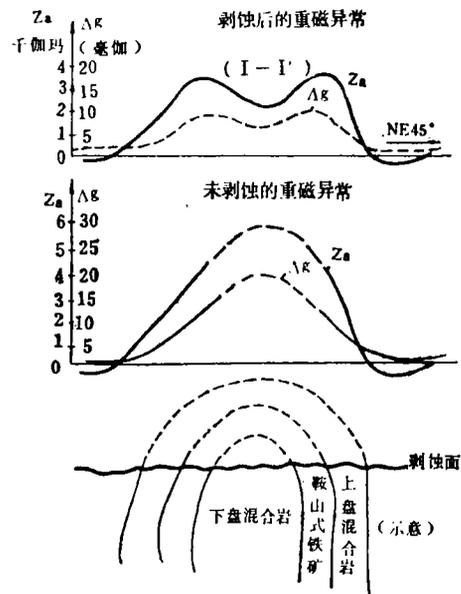


图4

出露与否，只要有一定的规模都可引起重力异常。如果对重力异常进行二次导数处理，还可以使异常更为突出。可以说重力是找鞍山式铁矿的一种方法，但不是唯一的方法。鉴于还有非矿异常（高密度的闪长岩、基岩隆起、结晶基底起伏都能引起异常）的干扰，再加上收效周期长、用人多、受地形图资料的限制，所以它不是找鞍山式铁矿的多快好省的方法。

磁法才是找鞍山式铁矿行之有效的、多快好省的方法。在鞍山地区目前还没有发现引起干扰异常的磁性体，铁矿是唯一的一种磁性体。

用重力方法解决地质构造问题比用来直接找矿更有效，更有意义。

鉴于找风化壳富矿的地质依据还不够充分，为找风化壳富矿用重力法扫面积带有很大盲目性。

在发现磁异常的基础上，做些剖面性的重力工作，帮助定性及定量方面的综合解释是可以的。另外为了解决区域构造和矿田构造，搞一些面积性的重力测量工作是必要的。

介绍三个确定中间层密度的宏观方法

用宏观方法求得的中间层密度能比较客观地反映出实际情况，它把各段的中间层密度看成是变的。

1. 重力密度剖面法 在没有局部和区域异常影响的地段，在没有人为主观因素的条件下，选择高差10~100米，长1~2千米的长剖面。在此剖面上逐点测定重力值，然后用不同的密度 σ 对剖面上各测点的重力观测值进行布伽改正，改正公式为 $(0.3086 - 0.042\sigma) \Delta H$ ，在必要时还应该进行地形改正。经改正后，以近于直线的重力值曲线所对应的密度 σ ，作为本区的中间层密度值（图5），对该图来讲 $\sigma = 2.0$ 即为所求的 σ 值。

2. 解析方法 在有局部重力异常、区域重力异常，还有标高影响的情况下，用上述求重力密度的方法效果不好。这时应先消除局部和区域异常的影响，然后再用解析方法解出 σ 值。由图6可知，假设在这个密度剖面上有 $i, i+1, i-1$ 任意三个点，点距相同。每点的重力值分别由三部分组成，即

区域异常影响为： $\Delta g_{1,(i-1)}, \Delta g_{1,i},$

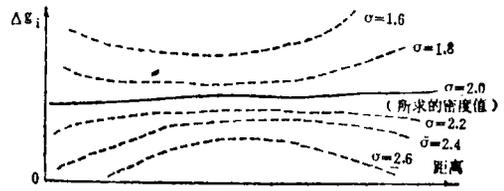


图5

$\Delta g_{1,(i+1)}$ 。

局部异常影响为： $\Delta g_{2,(i-1)}, \Delta g_{2,i}, \Delta g_{2,(i+1)}$ 。测点高程影响为： $\Delta g_{3,(i-1)}, \Delta g_{3,i}, \Delta g_{3,(i+1)}$ 。

则 $i, i-1, i+1$ 三点的重力值分别为：

$$\Delta g_i = \Delta g_{1,i} + \Delta g_{2,i} + \Delta g_{3,i} \dots \dots (1)$$

$$\Delta g_{i+1} = \Delta g_{1,(i+1)} + \Delta g_{2,(i+1)} + \Delta g_{3,(i+1)} \dots \dots (2)$$

$$\Delta g_{i-1} = \Delta g_{1,(i-1)} + \Delta g_{2,(i-1)} + \Delta g_{3,(i-1)} \dots \dots (3)$$

将式子 $\frac{(2)+(3)}{2} - (1)$ 并以 δg 代表所得的每一项则有：

$$\delta g_i = \delta g_{1,i} + \delta g_{2,i} + \delta g_{3,i} \dots \dots (4)$$

其中

$$\delta g_{1,i} = \frac{\Delta g_{1,(i+1)} + \Delta g_{1,(i-1)}}{2} - \Delta g_{1,i}$$

$$\delta g_{2,i} = \frac{\Delta g_{2,(i+1)} + \Delta g_{2,(i-1)}}{2} - \Delta g_{2,i}$$

$$\delta g_{3,i} = \frac{\Delta g_{3,(i+1)} + \Delta g_{3,(i-1)}}{2} - \Delta g_{3,i}$$

当点距足够小时，相邻三点不仅区域场呈线性变化，而且局部场的变化也是线性的，则 $\delta g_{1,i} = 0, \delta g_{2,i} = 0$ 。此时(4)式变为：

$$\delta g_i = \delta g_{3,i} = \frac{\Delta g_{3,(i+1)} + \Delta g_{3,(i-1)}}{2} - \Delta g_{3,i} \dots \dots (5)$$

因任意点 i 的重力值与 i 点的高程 H_i 成反比。

即： $\Delta g_{3,i} = -b H_i$ ， b 称作比例系数（也叫做高度影响系数）。

将上式代入(5)式得：

$$\delta g_{3,i} = -b \delta H_i \dots \dots (6)$$

因布伽改正值 $\delta g = (0.3086 - 0.042\sigma) \delta H_i$ ；

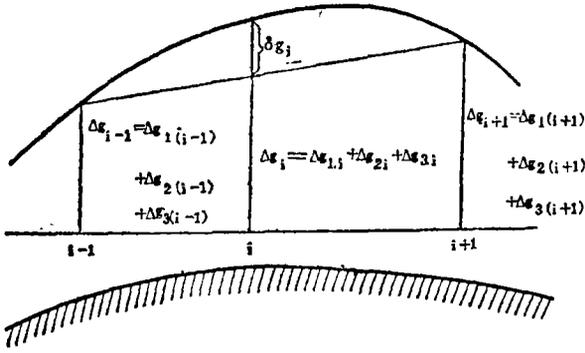


图 6

同(6)式比较后得出:

$$-b = 0.3086 - 0.042\sigma$$

$$\text{解出 } \sigma = \frac{1}{0.042} (b + 0.3086) \dots\dots (7)$$

δg_i 、 δH_i 可用观测值求出。但b不能只用一个点的数值,这样误差大,必须利用整个剖面上各点的结果,利用最小二乘法解出一个最合适的b值。

$$\text{即求 } A = \sum_{i=2}^{n-1} (\delta g_i - \delta g_{s,i})^2$$

$$\text{为最小, 则 } \frac{\partial A}{\partial b} = \sum_{i=2}^{n-1} 2\delta g_i \cdot \delta H_i + 2b \delta H_i^2 = 0$$

解出得

$$b = \frac{\sum_{i=2}^{n-1} \delta g_i \cdot \delta H_i}{\sum_{i=2}^{n-1} \delta H_i^2}$$

$$\sigma = \frac{1}{0.042} \left[\frac{\sum_{i=2}^{n-1} \delta g_i \cdot \delta H_i}{\sum_{i=2}^{n-1} \delta H_i^2} + 0.3086 \right]$$

δH_i 及 δg_i 可用图解法求出(图7)。

3. 利用布伽改正公式计算 σ 先进行外部改正、纬度改正等与高度无关的改正后,然后可沿剖面逐点求出 $A = \Delta g / \Delta H$, 将其

$$\text{代入方程: } A = \frac{\Delta g}{\Delta H} = (0.3086 - 0.042\sigma)$$

毫加/米中,即可求出密度值 σ ,这样求出的密度有较好的代表性。并且还可按各点的 σ 数值勾绘出 σ 等值线,间接反映出地下高密度体的存在和分布。

结论和建议

鞍山区的重力勘探工作已告一段落,数据进一步的处理和分析研究还在进行。

目前只有布伽异常可以利用,虽然也反映出了一些构造轮廓和大型铁矿,但要把很多其它方面的信息,明显地全部反映出来,还必须将布伽重力值进一步作数据处理。

目前所能进行的数据处理是计算重力二次导数及重力滤波。因为所希望要的是剩余重力异常,但由于区域场的变化复杂,不是进行一次区域场改正就能顺利得到,有时甚至不可能。二次导数及重力滤波根据它的数学原理,可用来消除或简化区域场的影响,因此有必要利用它们来代替剩余异常。

对于重力二次导数,给予不同的网格距S还可以反映出不同深度的地质构造情况,对一个地区或地段应选择出最佳网格距S。

对于滤波重力值可按下列三个公式进行计算:

$$G_{0,1}(X_i) = g(X_i) - \frac{1}{3} \left[\sum_{k=i-1}^{i+1} g(X_k) \right]$$

$$G_{1,3}(X_i) = \frac{1}{3} \left[\sum_{k=i-1}^{i+1} g(X_k) \right] - \frac{1}{7} \left[\sum_{K=i-3}^{i+3} g(X_k) \right]$$

$$G_{3,7}(X_i) = \frac{1}{7} \left[\sum_{k=i-3}^{i+3} g(X_k) \right] - \frac{1}{15} \left[\sum_{k=i-7}^{i+7} g(X_k) \right]$$

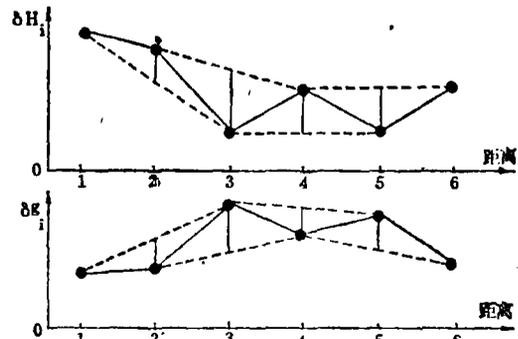


图 7

它们分别反映浅、中、深岩层的构造情况。

此外,还可以利用布伽异常进行趋势面分析,它可以研究不同阶段和不同级次的地质构造。所以鞍山区的重力资料最后应能提交出:

①重力布伽异常图;

②重力二次导数图(不同网格距S的);

③重力滤波异常图(相对三个深度的);

④趋势面分析构造图。

只提出一份布伽异常图是不能解决问题的。要求最后能提出一个包括各区的总体的重力、磁法综合解释报告。

运用激电法寻找淋积型锰矿的几点体会

林相华

闽西一带,次生富锰矿分布广泛,点多面广,为本省目前锰矿资源的主要来源。

十多年来,运用激发极化法,在配合地质圈定矿化范围或直接发现盲矿体方面,均取得了较好的地质效果。

地质概况

锰矿体主要赋存在第四系堆积层及构造裂隙或破碎带中。其下伏基岩及围岩为中、上泥盆系至石炭一二迭系地层,有石英砂岩、石英砾岩、灰岩、页岩等。锰矿物可能来源于上古生代的一套地层。

矿体呈扁豆状、似层状、透镜状或囊状,形态不甚规则。单个矿体的走向长度一般为几十米,个别可达二三百米。厚度和延深变化都很大,从几至几十米不等。

主要矿物有硬锰矿、软锰矿、粉状锰矿、偏锰酸矿、锰土、黑锌锰矿、铅硬锰矿等。矿石类型以硬锰矿和软锰矿混合类型为主,也有以粉状锰矿和锰土为主的矿石,还有以软锰矿为主,伴有硬锰矿和水锰矿的矿石。

矿体埋藏不深,由于形态复杂,规模小而分散,大多数均隐伏在第四系堆积物较厚的地段。采用激电法普查找矿,是寻找这种类型盲矿体的一种有效方法。

极化率参数测定与激发极化异常分析

用 DTS—1 型仪器测定了标本极化率衰减值。测定结果表明:本省锰矿或含锰矿石都具有高极化率的特性,其 η_s 值在 20~70% 之间,一般为 50% 左右。不含锰的第四纪黄土、碎屑堆积层的 η_s 值小于 10%。无黄铁矿化的石英砂岩、石英砾岩和页岩的 η_s 值

小于 5%。灰岩的 η_s 值一般小于 10% (栖霞灰岩的极化率稍高),含碳质或黄铁矿的灰岩,极化率可达 15~50%,形成干扰。

在同样条件下还测定了来自广东、湖南的零星的偏锰酸和碳酸锰矿石标本,对比分析所得结果可以看出:

(1) 福建省锰矿石标本的极化率强度,随锰矿物含量的增高(目估含量)而增大。

(2) 氧化锰的极化率比碳酸锰的极化率大,放电性能好的氧化锰(即所谓放电锰矿)极化率最强。因此,锰矿的电化学性是引起异常的主要原因。

(3) 氧化锰极化率衰减缓慢,而含碳灰岩或石英砂岩、页岩等极化率在早期衰减甚快。

(4) 供电时间长的(3分)比供电时间短(10秒)的极化率强度大,衰减也较为缓慢。

(5) 极化率强度与供电电压(也就是供电电流)的关系不大。只要能产生足够的激发场即可(图4)。

几个实例

(1) 在已知矿点上进行激电法工作,可以圈出已知矿体的延伸部份或发现附近盲矿的范围(图1)。当浅部矿体正在开采,深部矿体只有个别钻孔控制时,用激电法普查扫面积,能清晰地圈出深部盲矿体的范围。

(2) 在普查阶段,根据激电法异常,可以有效地发现盲矿体。

图2为一个未知区,地表只见零星坡积锰矿物。从地质地貌看,次生淋滤富集条件