

谱特征参数在评价激电异常源性质中的应用

夏中广, 王世权

(河南省地质调查院, 河南 郑州 453007)

摘要: 从研究激电场频谱特征及充、放电时间特征出发, 根据实验观测结果, 总结了硫化物矿化体(黄铜矿)及含石墨白云质大理岩等岩性的频谱特征及充放电时间特征, 探索到新的定性评价激电异常源参数——频率谱及时间谱、视衰减速度。实践证明, 利用频率谱定性评价硫化物矿化体(黄铜矿)与含石墨白云质大理岩激电异常源取得较佳效果。

关键词: 激电异常, 硫化物矿化体, 频率谱, 时间谱, 视衰减速度

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2006)06-0525-04

激电勘探方法用于勘查铜银多金属隐伏矿体, 成本低、效率高, 轻便灵活是诸多勘查方法的首选方法。但是由于地质环境复杂, 尤其存在石墨(炭质)岩层, 使得激电异常复杂化, 场源难以定性评价, 限制了激电法的使用范围。

激电异常源性质的评价, 是激发极化法中重要而困难的研究课题, 国内外学者对这一课题进行了广泛的研究, 提出了多种方法。利用激电场的频谱特征及充放电时间特征评价激电异常源就是其中的一种。

根据标本测试结果, 发现硫化物矿石(黄铜矿)与石墨(含石墨)大理岩, 存在着明显的频率特性差异, 同样, 在时间域测量中, 二次电位充放电特征也有一定差异。研究岩(矿)石的频率特征、二次电位充放电特征, 定性评价激电异常源性质, 在野外试验中取得了一定效果, 这里探讨该方法应用的可行性。

1 方法原理

1.1 频率谱参数(K_{F_s})

用频率域仪器测量, 通过107块标本, 172个中间梯度物理点, 对在不同频率段(4/13~4、8/13~8、16/13~16、32/13~32)所测频散率 F_s 的研究, 发现 K_{F_s} 的变化速度在双对数坐标中近似1条直线(图1), 则直线的斜率 $\text{tg}(\alpha_x)$ 可用来表达 F_s 的变化速度, 即

$$K_{F_s} = \text{tg}(\alpha_x) = \frac{\lg F_s(4/13 \sim 4) - \lg F_s(32/13 \sim 32)}{\lg(32/13 \sim 32) - \lg(4/13 \sim 4)}, \quad (1)$$

式中 α_x 为直线与横坐标轴的夹角, $F_s(4/13 \sim 4)$ 指在4/13~4 Hz频段所测频散率值, $F_s(32/13 \sim 32)$ 指32/13~32 Hz频段。这里将4/13~4、8/13~8、16/13~16、32/13~32 Hz分别定义为1、2、4、8, 作为横坐标(图1)。

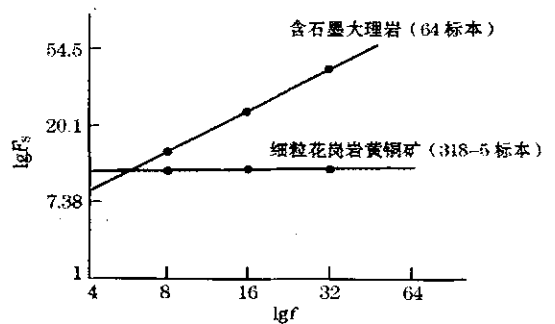


图1 F_s 随频率变化曲线

K_{F_s} 值的实际求法是将各测点上测得的4个不同频率段的 F_s , 作最佳线性拟合, 求得直线斜率 K_{F_s} , K_{F_s} 的绝对值大, 说明变化速度快, 反之则慢。 K_{F_s} 参数反映了不同岩矿(石)极化体极化效应的频率特征。

1.2 视衰减速度参数(C_s)^[1]

用时间域仪器测量, 通过对标本的测试, 统计计算, 发现二次电位衰减曲线在双对数坐标中近似为1条直线, 且直线斜率 $\text{tg} \theta_s$ 可用来表示衰减的速度, 即

$$C_s = \text{tg} \theta_s = \frac{\lg \eta_{s1} - \lg \eta_{s6}}{\lg t_6 - \lg t_1}, \quad (2)$$

式中 θ_s 为直线与横坐标的夹角, η_{s1} 为延时75 ms所测极化率, η_{s6} 为延时1400 ms所测极化率, t_1 为

延时 75 ms 的时间 t_6 为延时 1 400 ms 的时间。

C_s 值的实际求法是将各测点上采集的 6 个不同积分段的极化率值($\eta_{s1} \sim \eta_{s6}$) ,输入到计算机中进行最佳线性拟合 ,求得直线斜率 C_s 。 C_s 值大为二次电位衰减速度慢 ,反之则快。

1.3 时间谱参数(C_{ps})^[3]

利用向地下供不同时间宽度的电流脉冲 ,研究二次电位衰减斜率的变化 ,可反映极化体极化效应的时间特征。我们采用 2、4、8 s 不同供电时间测量 ,可得到在双对数坐标中 3 条斜率不同的衰减直线(图 2)。

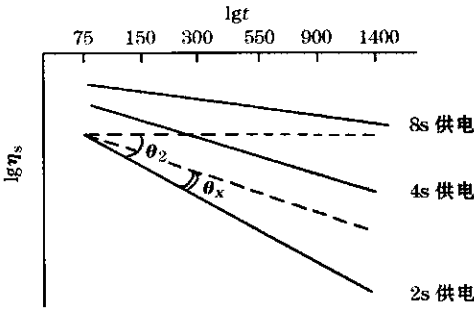


图 2 不同供电时间二次电位衰减斜率曲线

由图 2 可见 ,不同供电时间的二次电位衰减斜率发生了变化。根据公式(3)可求得 2 s 供电相对于 4 s 供电衰减角度变化值 θ_s

$$\theta_s = \arctg \frac{tg\theta_2 - tg\theta_4}{1 + tg\theta_2 \cdot tg\theta_4} , \tag{3}$$

2 s 到 4 s 供电时间内 ,单位时间角度变化的平均速度为

$$\theta_{2-4} = \frac{\theta_s}{2} = \frac{1}{2} \arctg \frac{C_s^2 - C_s^4}{1 + C_s^2 \cdot C_s^4} , \tag{4}$$

同理可求得 4 s 到 8 s 供电时间内的平均角速度

$$\theta_{4-8} = \frac{1}{4} \arctg \frac{C_s^4 - C_s^8}{1 + C_s^4 \cdot C_s^8} , \tag{5}$$

我们定义 2 s 到 4 s 和 4 s 到 8 s 的角速度比值为时间谱参数 C_{ps} ,则

$$C_{ps} = \theta_{2-4} / \theta_{4-8} . \tag{6}$$

时间谱参数的物理意义 ,在不同供电时间下二次电位衰减在双对数坐标中直线斜率的变化(图 3) ,实

质上反映了极化体从 2 s 到 8 s 二次电位衰减过程中的变化特征。

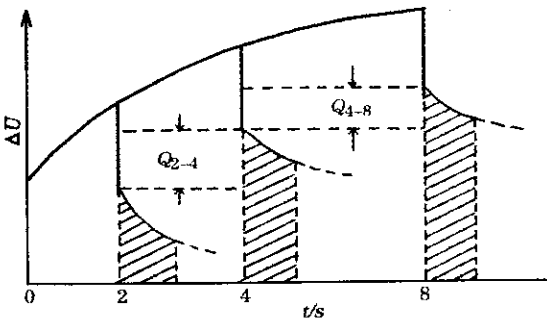


图 3 C_{ps} 参数的物理意义

时间谱参数值大 ,表明 2 s 到 4 s 衰减的速度比 4 s 到 8 s 要快 ,反之则慢。时间谱参数的实际取值 ,是将不同供电时间测量值 ,由计算机作最佳线性拟合后取 C_s^2 、 C_s^4 、 C_s^8 ,然后根据(6)式求得。

2 实例及效果

试验区位于河南省内乡县板厂 ,矿区主要出露中元古界秦岭群雁岭沟组的大理岩、白云质(石)大理岩、含石墨白云质(石)大理岩 ,夹斜长角闪岩等 ,地层总体走向北西 ,南倾 ,倾角 40° ~ 80° 。区内构造以断裂为主 ,朱-夏断裂带的次级断裂在区内发育 ,规模较大 ,它们大致平行 ,走向 280° ~ 300° ,南倾 ,倾角 60° ~ 85° 均为多期活动的韧性剪切带叠加脆性断裂的继承性复杂断裂 ,形成较宽的 F_1 、 F_2 2 条大致平行的断裂破碎带 ,严格控制着矿化蚀变范围。区内岩浆岩以脉岩形成产出 ,主要有花岗岩脉、花岗斑岩和斜长角闪岩脉。它们多沿 F_1 、 F_2 2 条断裂破碎带分布 ,与成矿关系密切。

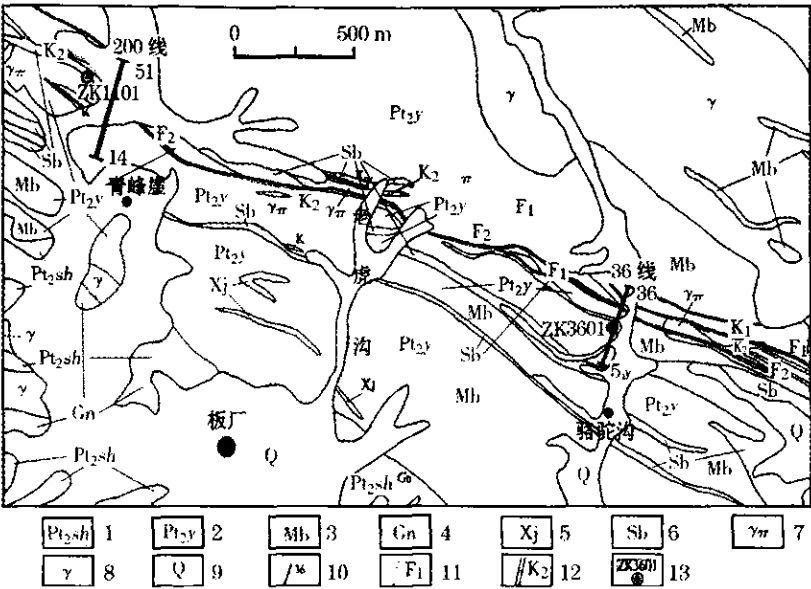
区内有 K_1 、 K_2 2 条主要银多金属矿脉 ,分别受 F_1 、 F_2 2 条断裂破碎带和沿破碎带充填的花岗斑岩脉双重控制。走向 290° ~ 310° ,南倾 ,倾角 50° ~ 80° 。矿石结构主要有压碎结构、交代结构 ,构造主要有浸染状构造、斑状构造、块状构造等。矿石分为蚀变大理岩型和花岗斑岩型。

表 1 为标本测试及以往电性资料的统计结果。

表 1 电性参数统计

岩(矿)石	$\eta_s / \%$			$F_s / \%$			$\rho_s / (\Omega \cdot m)$			$ K_{Fs} $			C_s^2			C_{ps}		
	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$	A_{max}	A_{min}	$\bar{A}$
黄铜矿	14.7	1.10	6.83	16.9	0.03	7.25	169	12.9	71.7	0.46	0.01	0.10	-0.41	-0.79	-0.67	4.43	0.48	2.64
(含)石墨大理岩	50.9	0.05	7.54	15.5	0.05	3.58	284	16.9	68.3	2.08	0.02	0.72	1.50	-0.03	-0.48	4.48	0	1.09
白云岩大理岩	1.45	0.07	0.77	2.53	0.40	1.58	3951	95.3	1032	1.12	0.29	0.63						
细粒花岗岩	0.92	0.24	0.48	2.63	0.20	1.27	557	48.5	159	1.05	0.28	0.68						
斜长角闪岩	5.48	0.54	2.18	5.68	0.85	2.89	219	55.7	161	0.67	0.01	0.15						
透辉透闪大理岩	2.31	0.33	1.45	4.62	0.60	2.44	256	82.8	137	0.49	0.11	0.23						

注： A_{max} 、 A_{min} 、 $\bar{A}$ 分别表示极大值、极小值、平均值。



1—中元古界秦岭群槽沟组 2—中元古界秦岭群眼峪岭沟组 3—大理石、白云质大理岩夹薄层含石墨大理岩 4—黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩 5—斜长角闪岩 6—构造角砾岩 7—花岗斑岩 8—片麻状花岗岩 9—第四系 10—测线及编号 11—断层 12—矿脉及编号 13—钻孔及编号

图 4 河南省内乡县板厂银多金属矿区地质概况

由表 1 可知,硫化物矿石具有低阻高极化的电性特征,围岩(大理岩、花岗岩、花岗斑岩)均具有高阻低极化的电性特征,而围岩中的含石墨白云质大理岩也具有低阻高极化特征。但是,含石墨大理岩与硫化物矿石(黄铜矿)的激电充放电特征及频谱特征不同。硫化物矿石(黄铜矿)具有低频率谱 K_{Fs} 、视衰减速度(C_s)、高时间谱(C_{ps})特征,而(含)石墨大理岩则具有相反的激电特征,故在此测区具激电勘探物理前提。

图 4● 为测区地质概况及物探工作布置。

在物性测定的基础上,开展已知矿体的试验工作,首先确定 η_s 异常,再利用 K_{Fs} 、 C_s 、 C_{ps} 区分参数,通过分析对比,定性异常性质,本次试验确定区分界限见表 2。

表 2 定性异常区分界线

参数	K_{Fs}	C_{ps}	C_s
硫化物矿石(黄铜矿)	≤ 0.2	显示凸起异常	一般显示低凹异常
(含)石墨大理岩	> 0.2	显示凹陷异常	一般显示凸起异常

本次试验在 2 条精测剖面上进行,获得 3 个视极化率异常 J-1、J-2、J-3(图 5、图 6)。在全部测点上,使用时间域、频率域 2 种仪器测定不同频率段(4/13~4.8/13~8、16/13~16.32/13~32 Hz)的视频率散率,不同供电时间(2"、4"、8")不同延时的 6 个视极化率。获得 K_{Fs} 、 C_s 、 C_{ps} 异常定性区分参数。

野外测量电极距 MN 为 40 m,点距 10 m。区分参数异常与激电异常对应好,则定性结果也就较为可靠,如 J-2 异常。

J-2 异常(图 5), η_s 一般为 7%,最大 8.8%, $|K_{Fs}| < 0.2$, C_{ps} 呈凸起异常, C_s 与 η_s 呈镜象,显示凹陷异常, η_s 、 K_{Fs} 、 C_{ps} 、 C_s 区分参数对应较好,符合硫化物矿(黄铜矿)的激电特征,其位置与地质推测的矿化构造带吻合。表明 J-2 异常为硫化物极化体引起。推测深部存在硫化物矿体(黄铜矿)。

J-3 异常(图 6), η_s 异常强度大,最大值为 22%,一般为 16%, $|K_{Fs}| < 0.2$, C_{ps} 呈凸起异常, C_s 异常平缓,不甚明显,该异常位置与地质上观测的矿化构造带相一致,为硫化物(黄铜矿)引起。

对于有的区分参数异常点受围岩或邻近矿体的影响,区分参数异常与激电异常对应不好。如 J-1 异常。

J-1 异常(图 5), η_s 异常强度高,一般为 10%,最高可达 12%, $|K_{Fs}| > 0.2$, C_{ps} 、 C_s 异常与激电异常对应差,根据钻孔资料 80~200 m 见到 K_1 、 K_2 矿化构造带,矿石品位较低,之下为含石墨大理岩层。该异常主要由含石墨大理岩引起。

本区各定性区分参数简述如下。

(1) K_{Fs} 异常形态。本区硫化物矿(化)体(黄铜矿) $|K_{Fs}|$ 一般低于围岩,尤其是低于含石墨大理岩,因此在硫化物矿(化)体上,呈低异常(接近于 0),见图 6(J-3)。本区能引起高激电异常的含石墨大理岩,其 $|K_{Fs}|$ 高于硫化物矿(化)体,呈高值异

① 河南省地矿局第四地质调查队. 河南省内乡县多金属矿区地质图. 2002.

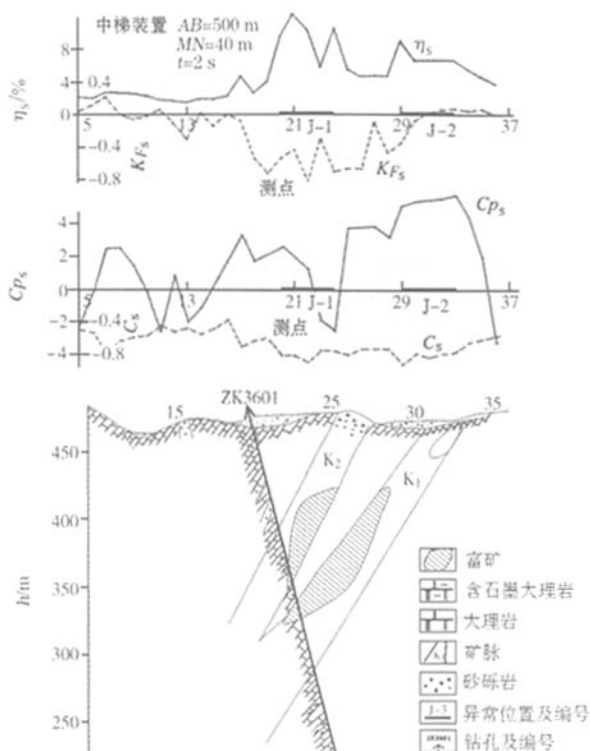


图 5 36 线综合参数剖面

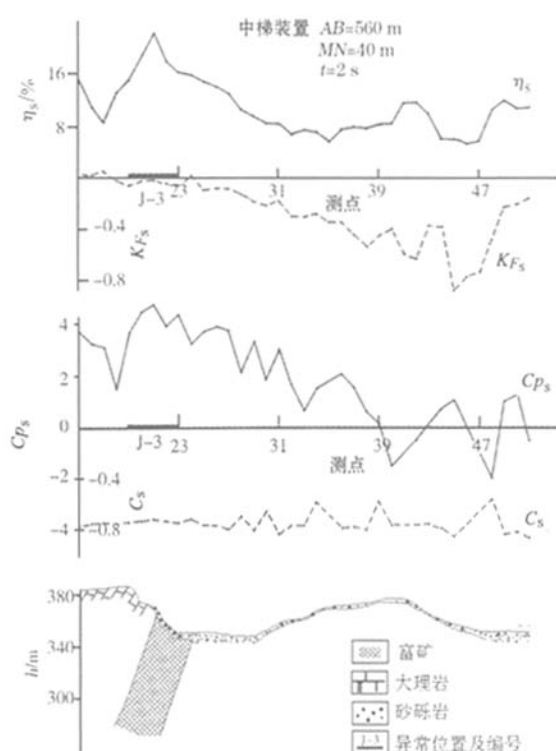


图 6 200 线综合参数剖面

常,见图 5(J-1)。该参数反映了不同矿种(含石墨大理岩及硫化物矿化体)的频谱特性。根据物性特征与实验结果,其区分值较为稳定,定性效果最好。

(2) C_s 异常形态。一般在硫化物矿(化)体上,为凹陷异常,与视极化率异常呈镜像(图 5),当受其他地质因素干扰时,异常不甚明显(图 6)。

(3) C_{ps} 参数。它反映了二次场衰减的后期特征,在本区硫化物矿体与(含)石墨大理岩层有明显的 C_{ps} 异常差异,区分效果相对较好。

3 结论

(1)通过本次试验,利用岩矿(石)激电场的频谱特征与二次充放电时间特征,综合定性评价激电异常场源性质,尤其是区分含石墨(炭质)岩层与硫化物矿(化)体取得明显效果。

(2)本次试验定性区分参数中频谱率 K_{Fs} 评价效果最佳,硫化物矿(化)体(黄铜矿)不随频率段的

变化而变化或者变化很小,而(含)石墨白云质大理岩则变化较大;时间谱 C_{ps} 对区分硫化物矿化体与(含)石墨大理岩效果也相对较好,而视衰减速度 C_s 区分效果,在受围岩或邻近矿体干扰时, C_s 有时与其他区分参数对应不好,效果较差。

上述试验工作是在河南省地质矿产勘查开发局安排的“中深部多金属矿综合物探勘查方法技术研究”项目基础上完成的,同时得到了豫西南铅锌银资源评价项目的支持,在此深表谢意!

参考文献:

- [1] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1983.
- [2] 何继善. 双频道激发极化法[M]. 长沙:中南大学出版社,2002.
- [3] 王庆乙,石昆法,蒋彬,等. 激电二次时间特征在异常区分中的应用[A]. 电法勘探文集[C]. 北京:地质出版社,1986.

THE APPLICATION OF FREQUENCY SPECTRUM PARAMETERS TO THE EVALUATION OF IP ANOMALY SOURCES

XIA Zhong-guang, WANG Shi-quan

(Henan Geological Survey, Zhengzhou 450007, China)

体的实际深度相对应。但此系数仅对研究区的板状体而言,对其他形态的矿体则不适用。

(3)宏观上 η_s 等值线的断面特征与矿体的产状基本一致。

3.3 对称四极测深法

(1) η_s 断面等值线形态宏观上呈近直立的立钟形分布,底部未封闭,难以判断矿体的产状。在 η_s 一维反演结果图中23线 $\eta=7.5\%$ 等值线其断面形态也呈近直立的立钟形分布,难以判断矿体的产状。27线 $\eta=8\%$ 等值线封闭呈近直立分布,难以判断矿体的产状。

(2) η_s 断面等值线的梯级带基本上反映了矿体在横向上的边界,其产状无法确定。

3.4 方法对比

上述研究结果表明,固定点源测深法在金属矿上对确定矿体的中心埋深、几何形态、空间赋存状况等方面具有较高的解释精度。温纳激电测深与对称四极测深相比,除用小电流可获得较强二次场信号,因而可提高二次场观测精度和减轻供电装置外,由于温纳激电测量在有限大小的埋藏极化体上其测深曲线均表现为K型,因此它的定量解释效果、压制

地表干扰能力和纵向分辨能力,都优于对称四极测深。另外,虽然它与固定点源测深相比,定量解释水平并不高,但其具有二次场信号强、电源轻便的特点,因此在适当条件下可以选用。对称四极电测深法在有限大小的埋藏极化体上其测深曲线均表现为G型,故而在确定极化体的几何形态、赋存形态等方面效果较差,不如其他两种方法,当只想定性了解极化体的顶部埋深时可以选用。

4 结语

通过对固定点源测深法、对称四极测深法、温纳测深法等3种不同装置的测深方法的实际应用对比研究,认为在确定隐伏极化体的中心埋深、倾斜方向、几何形态、赋存状态等方面固定点源测深法优于其他2种方法,解释精度较高;其次为温纳测深。

参考文献:

- [1] 李金铭,魏文博,陈本池,等.固定点源测深法定量解释研究[J].物探与化探,1997,21(3).
- [2] 张季甦.河北北岔沟门铅锌矿区地球化学特征[J].物探与化探,2001,25(2).

A COMPARISON OF THE RESULTS OF THE IP SOUNDING METHODS

YUAN Shou-cheng^{1,2}, CHEN Da², LUO Xian-zhong²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Exploration Technique and Engineering Co. Ltd., Beijing 100037, China)

Abstract: Using the results from the fixed point sounding and the traditional sounding methods (symmetric quadrupole sounding and Wenner sounding) in a certain lead-zinc ore district, the authors summed up the results of three different methods. It is held that the fixed point source sounding method is superior to the traditional electrical sounding methods in such aspects as the determination of the central buried depth, geometric shape, and mode of occurrence of the ore body.

Key words: IP sounding; fixed point source sounding; symmetric quadrupole sounding; Wenner sounding

作者简介:苑守成(1958-),男,中国地质大学(北京)博士生,主要从事地球物理勘查新方法、新技术的研究工作。

上接 528 页

Abstract: Starting with the research on the characteristics of frequency spectra of the IP field as well as charging-discharging time and based on experiment results, the authors summed up frequency spectra, time spectra and decay rate characteristics of sulfide mineralized bodies (chalcopyrite) and graphite-bearing dolomitic marble, and detected new parameters for qualitative evaluation of IP anomalies. Practice shows that the application of frequency spectrum characteristics to the evaluation of IP anomalies caused by sulfide mineralized bodies (chalcopyrite) and graphite-bearing dolomitic marble is effective.

Key words: frequency spectrum; sulfide mineralized bodies; time spectrum; decay rate; IP anomaly

作者简介:夏中广(1963-),男,河南滑县人,工程师,1982年毕业于郑州地质学校。
万方数据