

多元统计方法在井中激电异常解释中的应用效果

张雷^{1,2}, 黄殿君^{1,2}, 陈文银^{1,2}, 朱一心^{1,2}, 黄春雷^{1,2}

(1. 江苏省有色金属华东地质勘查局, 南京 210007; 2. 江苏省华东有色测井有限责任公司, 南京 210007)

摘要 文章对钻孔岩性、矿化特征进行量化, 应用了背景统计、聚类分析、因子分析方法, 运用多元统计分析原理, 结合井中激电多参数与地质信息, 使异常解释更合理。在安徽省某铜钼矿井中激电勘查中, 对井旁矿体引起的异常进行了合理解释。该方法的成功应用, 为物探异常的解釋提供了一个新的思路。

关键词 井中激电 聚类分析法 因子分析法 钼矿

中图分类号: P628⁺.1; P631

文献标识码: A

文章编号: 1674-7801(2012)03-0379-05

0 引言

随着老矿山地质找矿工作的不断深入, 井中激电的应用越来越受到重视,

本文介绍了在安徽省某钼矿地质勘查中, 利用聚类分析法、因子分析法处理井中激电数据, 发现了井旁含钼矿体引起的异常, 为物探异常的解釋提供了一个新的思路。

1 矿区地质概况

钼矿工作区地表出露地层及岩性为志留系坟头群(S_{2+3})粉砂岩, 泥盆系茅山群(D_{1+2})细砂岩、五通组(D_3)石英砂岩及细砂岩, 第四系(Q)。

岩体主要为燕山期的晚侏罗世一早白垩世花岗岩闪长斑岩。岩体与围岩接触部位热液蚀变和热变质现象普遍发育。矿物主要为辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿。围岩蚀变类型主要有硅化、钾硅酸盐化、绢云母化、绿泥石化、黏土化、碳酸盐化等, 蚀变具有叠加现象。根据蚀变矿物组合特点划分出3个带: 钾化带、石英—绢云母化带和绿泥石化带。钼矿主要发育在石英—绢云母化带内。

2 地一井方式激电工作

采用地一井方式, 供电电极A极置于距井口一

定距离(r)处或置于井口($r=0$), B极则置于“无穷远”。测量电极M、N置于钻孔中, 采用梯度装置, M极上、N极下, MN极距10 m。点距10 m, 异常段5 m。一般来说, r 愈大, 探测范围愈大。但 r 过大, 信号强度将降低甚至无信号, 导致无法接收激电异常^[7]。通过把A极布置在不同的方位, 得到不同方位的激电异常^[5-6]。

经现场试验取 $r=300$ m, 即 $A1=125^\circ$ 、 $r=300$ m; $A2=215^\circ$ 、 $r=300$ m; $A3=305^\circ$ 、 $r=300$ m; $A4=35^\circ$ 、 $r=300$ m。“无穷远”B极布置于离井口1350 m的北北西方向(图1)。

3 ZK302孔井中激电方位测量结果

ZK302井深500 m, 实测二次场曲线如图2。从图2可以看出: 在井深范围内, 有明显的激电异常; 在A0方位310~390 m段的有增加, 400 m下异常成“开口”状; A3从100~400 m强度逐步减弱; A1方位在210~380 m井段, 430~470 m井段显示有明显旁侧的异常。说明极化体在靠近A3、A1方向均有延伸, 430 m以下异常明显增强。就二次场强度可以推断产状, 但并不能推测极化体的性质。

工作区内, 黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化十分发育, 它们均能引起明显的极化率异常, 根据激电异

[收稿日期] 2011-09-19

[第一作者简介] 张雷, 男, 1959年生, 高级工程师, 主要从事地球物理勘探方法研究、数据处理和解释工作。

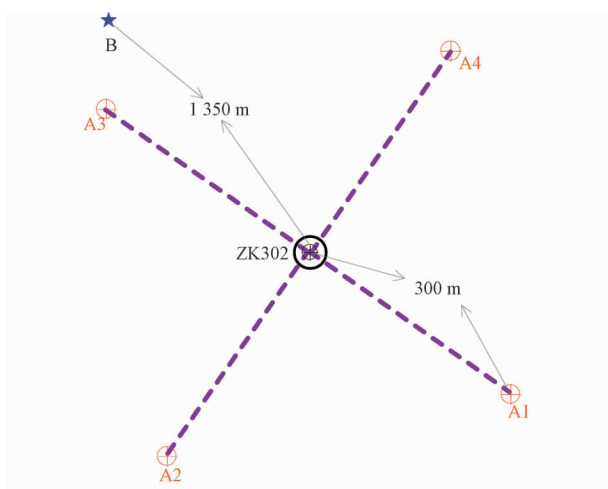


图1 ZK302 孔地一井方式激电布极示意图

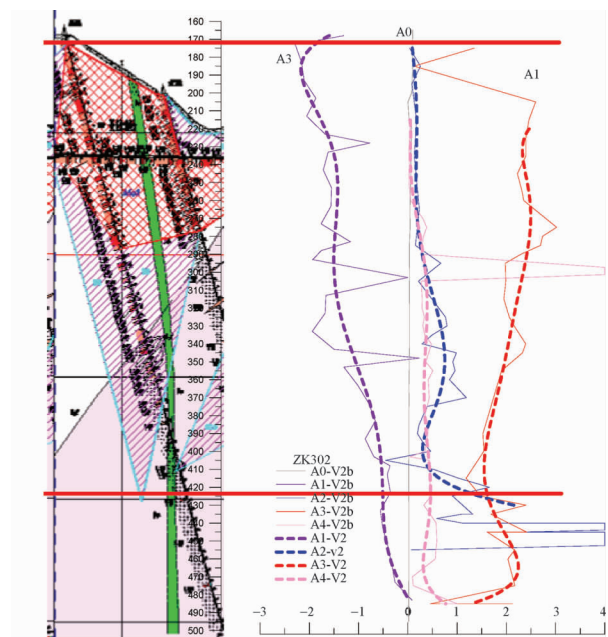


图2 ZK302 孔(A1、A3)二次场曲线与地质剖面比较图

(图中虚线为圆滑曲线,A2、A4 略)

常很难区分出矿体异常,给异常的定性解释带来困难。结合地质资料,运用多元统计原理,可以得到比较满意的解释。

4 应用聚类分析法、因子分析法解释异常

电性差异是井中激电应用的前提,也是激电数据解释的基础。表1是按照国家标准^[11]得到的工作区内不同岩性、不同矿化体的电性参数(由于钻孔条件限制,标本数量偏少,但在钻孔中主要样本离

差较小,在工区内代表性尚好)。由表1可知:

(1) 黄铁矿化辉钼矿化岩体为低电阻率、中等极化率;黄铜矿化岩体为高电阻率、中等极化率;黄铁矿化岩体为高电阻率、高极化率;辉钼矿化岩体为低电阻率、中等极化率;粉砂岩为高电阻率、中等极化率;黄铁矿化粉砂岩为低电阻率、中等极化率。

(2) 井中激电是通过观测二次场得到岩矿石的极化率,从而达到找矿的目的,而不同岩体和不同岩性均能引起中等—高极化率,这就为井中激电数据解释带来了困难。也就是说,单靠极化率是无法从黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化中分离出井旁的辉钼矿化异常。

为了从黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化中准确地分离出井旁辉钼矿化引起的异常,同时考虑到由井旁矿化异常引起的极化率异常受岩性、矿化体性质等多种因素的影响,采用聚类分析法对井中激电数据进行处理。

首先将测井的电参数,进行补充计算,得出每个点的电阻率、极化率、金属因子、激电率,对每个点对应的岩性进行分类描述、定义,形成关系数据表。

聚类分析法分为R型聚类分析和Q型聚类分析两类;R型聚类分析是对变量进行分类处理;Q型聚类分析是对样品进行分类处理。本文采用Q型聚类分析^[12],Q型聚类分析的优点是:可以综合利用多个变量的信息对样本进行分类,分类结果直观、聚类谱系图清楚(图3)。

图3显示了高阻、低阻、极化率、地层、岩体、黄铁矿化、黄铜矿化等相互之间的内在关联性,可以很好地区分出矿化性质。

在红色圈的一支内主要反映了以砂岩为主的地层组合情况,主要以无矿化岩体、低阻砂岩、V2_钾(或硅)化铜钼矿化砂岩为主;蓝色圈的内容主要体现了岩体为主的高阻、矿化、非矿化、不同矿(化)的相对关系及相互组合特征。使孔中的地质特征可以分地地层、岩体二大类的电性情况。

由图3可以看出:绢云母化、绿泥石化铜钼矿化岩体的电阻率与激电率紧密相关,钾化铜钼矿化砂岩的视电阻率与钾化铜钼矿化砂岩的激电率紧密相关,等等。电性参数的二次场、极化率、电阻率等与不同地层、矿化岩体、非矿化岩体的距离系数可以明显地表达出激电参数的效果和物理意义。为解决物探多解性问题提供一个依据。ZK302 孔井中激电数据进行聚类分析法处理后结果如下:

表 1 工作区内不同岩性、不同矿化体电性参数(电阻率,极化率)统计表

名称	<i>N</i>	$\rho_{\text{平均}}/\Omega\cdot\text{m}$	$\rho_{\text{极大}}/\Omega\cdot\text{m}$	$\rho_{\text{极小}}/\Omega\cdot\text{m}$	$\eta_{\text{平均}}/\%$	$\eta_{\text{极大}}/\%$	$\eta_{\text{极小}}/\%$
黄铁矿化辉钼矿化花岗闪长斑岩	10	429.6	1267.7	130.0	8.52	19.69	1.22
黄铜矿化花岗闪长斑岩	10	6624.9	24058.9	1174.9	13.64	25.78	3.49
黄铁矿化花岗闪长斑岩	4	4053.5	9589.7	2157.9	23.12	43.24	13.07
辉钼矿化花岗闪长斑岩	6	1670.8	3288.0	222.0	10.01	19.98	6.11
粉砂岩(地表)	30	8413.3	23021.6	2600.6	6.28	30.08	2.21
粉砂岩(钻孔)	10	1510.6	4354.9	293.8	4.73	26.78	0.62
Mo 脉粉砂岩(钻孔)	19	1317.7	2276.7	684.5	4.00	11.06	1.48
黄铁矿化粉砂岩	10	647.5	972.4	141.3	6.63	16.02	1.88
合计	99						

注:表内电性参数为 2010 年实测结果。

(1) 230 m 以上段,存在一异常体,异常强度大, A1 方向缓倾向 A3 方向,推测为辉钼矿化体引起。

(2) 260~320 m 段,存在一异常体,异常强度中等, A3 方向倾向 A1 方向,推测为辉钼矿化体引起。

(3) 430 m 以下段, A2 方向成开口状,预示有较好前景, A3 方向强度也可以,推测为辉钼、黄铜、黄铁矿化体及花岗岩体引起。根据前人的地质勘查工作,井底附近二次场逐渐增强是井旁铜矿脉的反应,即井旁矿体与井中激电二次场有明显的对应关系。

为了更加准确地区分出辉钼矿化,应用因子分析法对 ZK302 孔井中激电数据进行了处理。因子分析法是从研究变量内部相关的依赖关系出发,把一些具有错综复杂关系的变量归结为少数几个综合因子的一种多变量统计分析方法。它的基本思想是将观测变量进行分类,将相关性较高,即联系比较紧密的分在同一类中,而不同类变量之间的相关性则较低,那么每一类变量实际上就代表了一个基本结构,即公共因子。因子分析的基本目的就是用少数几个因子去描述许多指标或因素之间的联系,即将比较密切的几个相关变量归在同一类中,每一类变量就成为一个因子(之所以称其为因子,是因为它是不可观测的,即不是具体的变量),以较少的几个因子反映原始资料的大部分信息^[13-14]。

在因子分析时,对钻孔的电参数、地质岩性进行量化分析,找出诸多因数中的主次关系及内在相关特征,给出地质解释。本文取前 15 个因子,使累计

贡献达到 89.1%(表 2)。通过因子得分,将电参数、地质参数等变换为不同的因子,可以对异常性质有更客观的认识。其结果与聚类分析法所得结果相差不多。

表 2 因子种类和特征值分布表

序号	因子种类	特征值	总方差/%	累计特征值	累计/%
1	砂岩	5.26	11.70	5.26	11.70
2	绿泥石化铜钼矿化砂岩	4.75	10.55	10.01	22.25
3	钾(或硅)化铜钼矿化砂岩	4.43	9.85	14.44	32.10
4	无矿化岩体	3.83	8.51	18.27	40.61
5	钾(或硅)化黄铁矿化岩体	3.27	7.27	21.55	47.88
6	黄铜矿化花岗闪长斑岩	2.99	6.64	24.53	54.52
7	黄铁矿化花岗闪长斑岩	2.38	5.30	26.92	59.81
8	辉钼矿化花岗闪长斑岩	2.28	5.07	29.20	64.89
9	粉砂岩(地表)	2.08	4.63	31.28	69.52
10	粉砂岩(钻孔)	1.98	4.40	33.27	73.92
11	钼脉粉砂岩(钻孔)	1.77	3.93	35.03	77.85
12	黄铁矿化粉砂岩	1.59	3.53	36.62	81.38
13	细砂岩(地表)	1.40	3.11	38.02	84.49
14	细砂岩(泥岩)	1.12	2.48	39.14	86.97
15	泥岩	0.96	2.13	40.10	89.10
累计贡献			89.1		

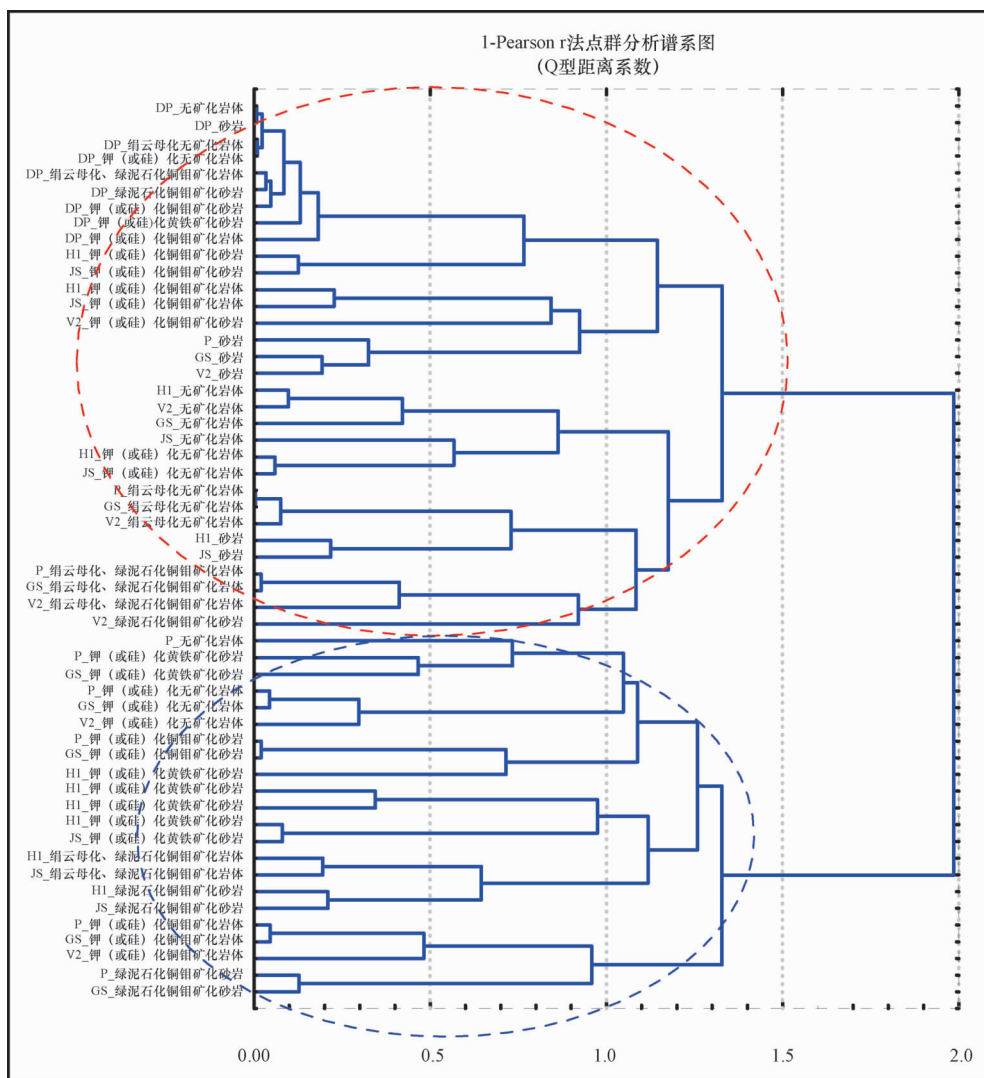


图3 ZK302孔聚类分析法示意图

5 结论

(1) 井中激电对于寻找井旁或井底盲矿,确定其深度、距钻孔距离和相对方位等方面相对地面激电具有一定的优势,在深部找矿中是一种有效的物探方法。

(2) 本文应用多元统计方法,结合地质因素对井中激电异常进行综合分析,在安徽某钼矿物探异常中,取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 蔡柏林,黄智辉,谷守民.井中激发极化法[M].北京:地质出版社,1983:2-5.
- [2] 潘和平,马火林,蔡柏林,等.地球物理测井与井中物探[M].北京:科学出版社,2009:4-6.
- [3] 潘建西.井中激电测井在金属矿勘探中的应用[J].西北地质,2010,2(43):190-194.
- [4] 周峰,潘和平,吴国平,等.井中激电地—井方式井旁球体正反演[J].物探与化探,2008,3(32):321-325.
- [5] 高长荣.井中激电在西霞矿区的应用[J].物探与化探,2003,增刊(31):98-101.
- [6] 朱长春.钻探井中激电测井寻找盲矿体前景乐观[J].新疆有色金属,2011,(1):44-45.
- [7] 蔡柏林.钻孔地球物理勘探[M].北京:地质出版社,1986:60-65.
- [8] 李金铭.地电场与电法勘探[M].北京:地质出版社,2005:81-90.
- [9] 傅良魁.电法勘探教程[M].北京:地质出版社,1983:123-125.
- [10] 李士祥,李涓,向晓松.激发极化法在河南新县铜钼矿探查

中的应用[J]. 矿产勘查,2011,2(3):150-153.

[11] 李大庆,张 连,袁家余,等. 井中激发极化法技术规程(DZ/T0204-1999)[S]. 北京:地质出版社,2010:1-10.

[12] 吴晓军,罗立强,甘露,等. 聚类分析法在地质样品中分类中的应用研究[J]. 岩矿测试,1998,3(17):172-176.

[13] 翟建山,康静文,张子虎,等. 数学地质在激发极化法中的应用[J]. 中国煤田地质,1997,3(9):65-69.

[14] 吴革洪,高才松,刘玉民. 聚类分析在油藏分类中的应用[J]. 断块油气田,2001,1(8):36-38.

The way to reduce interpretation ambiguity of induced polarization logging

ZHANG Lei^{1, 2}, HUANG Dian-jun^{1, 2}, CHEN Wen-yin^{1, 2},
ZHU Yi-xin^{1, 2}, HUANG Chun-lei^{1, 2}

(1. East China Bureau of Non-ferrous Metal Mineral Exploration, Nanjing 210007;
2. ECE Geophysical Prospecting Co., Ltd. of Jiangsu Province, Nanjing 210007)

Abstract:The way to reduce interpretation ambiguity of induced polarization logging by use of cluster analysis and factor analysis is introduced. During Mo geology prospecting of Anhui province, the induced polarization logging abnormality resulting from mineral body beside the well is discovered. The success application of induced polarization logging shows: during the geology prospecting of mineral body beside the well, the way of induced polarization logging is more effective than the ways of ground geophysical exploration; suitable mathematics method based on the geology can reduce interpretation ambiguity of induced polarization logging, which points out a new method to reduce interpretation ambiguity of geophysical exploration.

Key words:induced polarization logging; cluster analysis; factor analysis; Mo deposit