第17卷第4期
1993年8月

物 探 与 化 探
GEOPHYSICAL & GEOCHEMICAL EXPLORATION

Vol. 17, No. 4
Aug., 1993

微机井中激电仪的应用效果

孙建刚　武建章　　于　光

（河北物探大队，廊坊　102800）（北京地质仪器厂，北京　100027）

摘　要　简述DJJ-1型井中激电仪软件系统和几个应用实例。实例表明，在钻孔见矿的情况下，方位测量可用于查明矿体的空间形态和延展情况。

关键词　DJJ-1型井中激电仪，应用效果。

井中激发极化法是寻找铜和硫化物型多金属矿床的有效方法之一。它可以用来校验、划分地质剖面，确定矿化富集层的深厚度，寻找井旁及井底盲矿，确定其空间位置。但多年来没有专用的井中激电仪器，生产中用常规地面仪器工作，不仅工作效率低，而且也使该方法的应用效果受到一定的限制。1991年12月北京地质仪器厂研制的DJJ-1型微机井中激电仪通过部级鉴定。该仪器采用单片微机控制，实现了激电测井的连续测量，自动测量记录数据，工作完毕后可将数据传入计算机中进行处理，并配备了相应的现场处理软件。该仪器的研制成功和应用，标志着井中激电进入了数字化阶段。下面就几个应用实例，谈一谈我们的体会。

1　DJJ-1型井中激电仪

DJJ-1型井中激电接收机和DJF-1型井中激电发送机是一套高精度的电法仪器．它与发电机、电缆绞车，井口滑轮，供电及测量电极、数据处理计算机、打印机组成了一个完整的井中激电工作系统，其井场配置如图1。

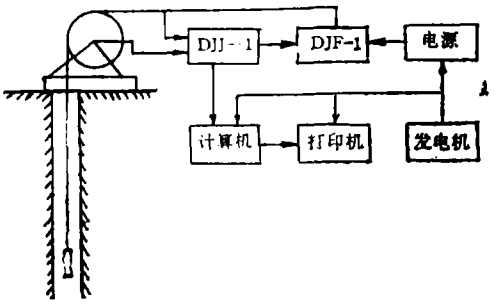


图1　现场配置示意

DJJ-1型仪器不仅能进行井中和地面的各种点测，而且能进行激电测井的连续测量，这一测量方式在我国是一重大突破。该仪器电位分辨率达1μV，输入阻抗达100MΩ，测量二次电位和一次电位的最短延时为10ms，二次电位采样方式多样化，可以方便的测出二次电位放电曲线，具备十分完善的检测软件，为用户检查、维修仪器提供了方便，特别是动态自校功能不仅能检查仪器，而且能提高仪器的观测精度。DJJ-1型仪器的整机框图刊登在本刊1992年第6期。

DJJ-1型仪器是一自动化程度较高的智能仪器，工作开始时进行一次初始化工作，测量

1992年12月7日收稿。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

开始后一般不需人工干预。一天的工作结束后，可以用仪器配备的软件将数据传入计算机中，如不配备计算机，也可将数据通过并行口送到打印机中打印出来。

2 现场处理软件系统功能

该软件系统适用于IBM-PC及其兼容机，大部分的功能是用c语言开发完成的，可方便的移植到其他微机系统中。在现场可实现下列功能。

1．测井资料的预处理

其功能包括接收仪器数据，原始资料按深度排序，数据纠错，计算次级参数，如ΔV_s^a、J_s、G_s。对连续测量数据进行重新取样，对数据进行园滑，可选用四种园滑公式(三点一次、五点一次、五点二次、七点二次)。

2．综合解释软件

包括利用激电测井资料进行地面激电异常评价，根据测井曲线划分矿化富集层，地—井方式资料的计算机辅助解释软件。

3．自动成图软件系统

支持现场和室内绘制各式图件，可支持9针打印机、24针打印机、XY绘图仪等硬件。可绘制各种测井曲线图、平剖图、平面等值线图等，采用全汉字注记，本文图件即为本软件系统在LQ-1600K24针打印机上绘出的。

3 应用效果

3.1 利用激电测井资料校验钻孔剖面，查明钻探打丢和地质漏编的矿化富集层，指导地质劈样分析

DJJ-1型井中激电仪具备激电测井连续测量功能，使激电测井有了普通综合测井的优点，提高了工作效率一倍以上，如原来300m的孔，点测时需要3个小时（供电时间2s），而连续测量以300m/h的测速，仅用1个小时就可完成。实现连续测量也提高了激电测井的垂向分辨率，从而可以划分出较薄的矿化富集层，提高了地质效果。

1992年在河北省某铜矿区ZK921进行了激电测井连续测量，图2是其中的一井段。该孔是根据化探异常而打的，从测井曲线看，共有6个层位具低阻高极化特征，而且自然电位梯度曲线在这6层上都有明显的异常显示，以此曲线特征可以划分出6个矿化富集层，将这些层编号并与钻孔编录组成表1。

从表1可以看出，本孔地质仅编录了表中第3、4层矿，激电测井曲线在这两层上的反映为高极化率、低电阻率和明显的负的自然电位异常，根据由已知到未知的原则，就可确定1、2、5、6层也为矿化富集层，因这四层上的曲线特征和3、4两层相同，其中1、5两曲线幅度与3、4两层相当，2、6两层略低些。后经与地质一起查对岩芯证实，这四层确为矿化富集层，其中1、5两层目估可达工业品位，2、6两层也为矿化层，已采样化验，有希望成为矿层。

从以上结果我们可以看出连续测量的激电测井用于划分钻孔揭露的矿化富集层，确定其深厚度，不但可以提高工作效率，而且可以保证不漏目的层。正如ZK921结果所示，1、2、5、6四个矿化富集的厚度都不超过2m，这在点测的激电测井中是很容易漏掉的。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

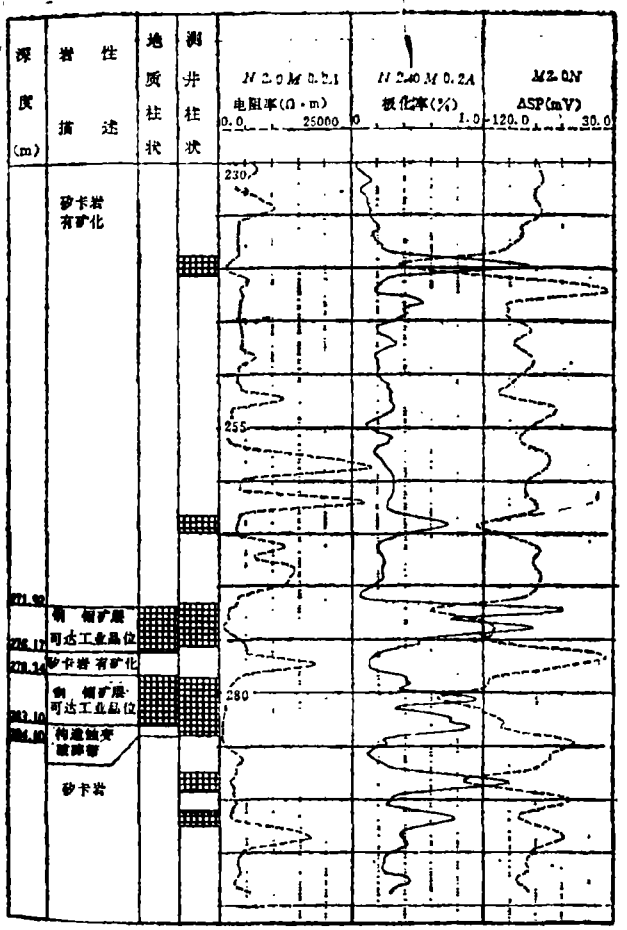


图 2　ZK 921 激电测井曲线

表 1　ZK921　230—300m井段分层对比

层　号	层　位 (m)	测井厚度	地质厚度	ρ_s平均 (Ω·m)	η_s平均 (%)	ΔSP 显示	钻孔编录	测井定性
1	238.8—240.6	1.8		2142	1.05	显示	矽卡岩	矿层
2	263.3—264.8	1.5		3572	0.63	显示	矽卡岩	矿化层
3	271.6—275.6	4.0	4.25	2408	1.05	显示	铜钼矿层	矿层
4	278.6—284.0	5.4	4.76	2133	0.65	显示	铜钼矿层	矿层
5	278.4—289.2	1.8		2793	0.97	显示	矽卡岩	矿层
6	291.0—292.5	1.5		2748	0.76	显示	矽卡岩	矿化层

3.2　利用点测激电测井资料验证评价地面激电异常，确定异常的地质起因

激电测井用于评价地面激电异常，是生产中应用的一个重要方面。这时需要利用点测的激电测井资料，因为供电时间、积分时间等工作条件需和地面测量一致，DJJ-1型仪器同时

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

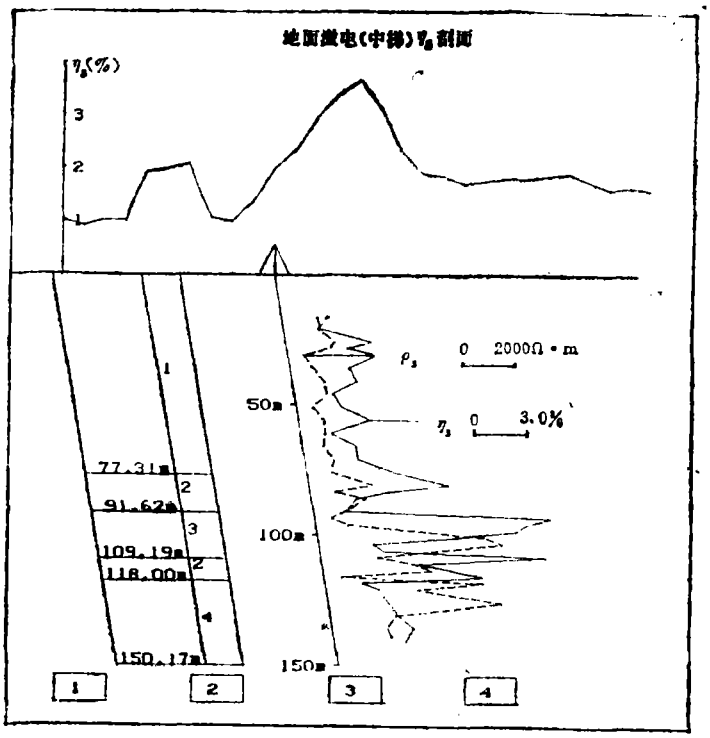


图 3 小窝铺矿区 11 线地面测井综合剖面

1—凝灰岩；2—硅质岩；3—矿层；4—安山岩

具备点测功能。

图 3 中的钻孔是为验证 1:20 万分散流 Ag、Pb、Zn 异常而施工的。此孔施工前，已经对 1:20 万分散流异常作了二级查证，发现了地面激电异常，视极化率最高达 3.68%，并布置了验证孔。如图中所示，该孔揭露的岩性较为简单，上部 0.00—77.31m 为凝灰岩，118.0 m 以下为安山岩，中间 77.31—118.0 m 为矿化硅质岩，其中矿化最好段为 91.62—109.19m，目估 Pb、Zn 可达工业品位。激电测井在这层硅质岩上有很好的高极化率异常，其中对应 91.62—109.09 m 井段视极化率反映最好，其值最高达13.68%，在激电测井曲线上，可将高极化层分为三层，利用综合解释软件对其引起的地面激电异常进行了估算，公式如下。

$$\eta_S=\sum_{j=1}^{n}(\eta_2-\eta_B)\frac{a_j}{H_j}$$

式中 η_S 是地面激电异常的峰值，在此为 3.68%，η_2 是第 j 层上的视极化率异常值，η_B 是地下介质的背景极化率，a_j 是第 j 层高极化体的半厚度，H_j 是第 j 层高极化体的中心埋深，n 是钻孔中高极化体的总层数。

根据本孔的分层结果，以下式估算出了地面激电异常峰值

$$\eta_S=(10.099-2.0)\frac{10}{33.5}+(8.086-2.0)\frac{10.65}{74.2}+(13.68-2.0)\frac{12.45}{104.8}=3.711\%$$

从以上结果看出，利用激电测井估算的地面激电异常值与实际的异常值非常接近，仅相

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

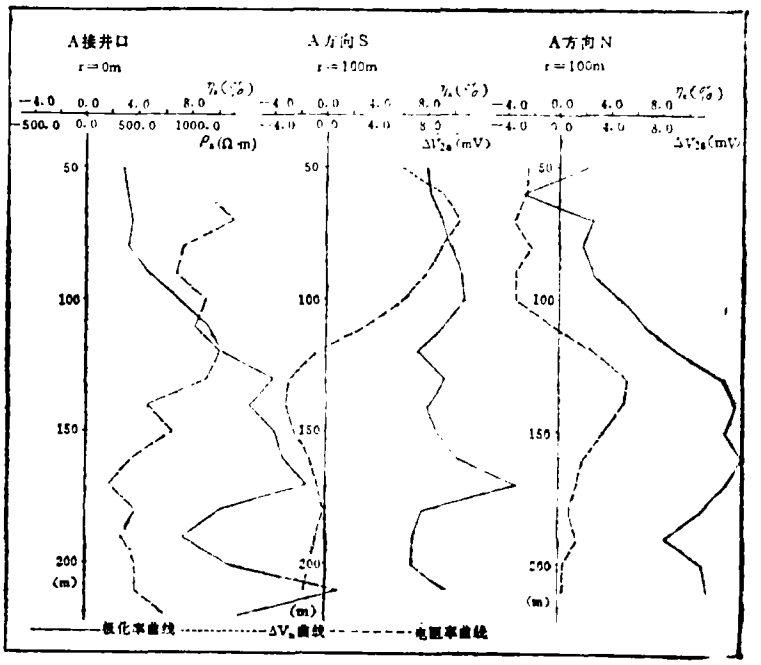


图 4　ZK3 方位测量曲线

差 0.031%，所以可以确定地面激电异常主要是由钻孔所揭露的矿化硅质岩引起的，达到了验证目的。

3.3　寻找井旁盲矿

这是井中激电的主要地质任务。它通过地一井方式的方位测量来完成的。

图 4 是河北某银、铅、锌矿区ZK 3 方位测量的结果，本孔在106.31—214.6m段见到矿化绢云石英岩，其中在117.79—140.72和163.70—169.33m见到两层矿。地一井方式 $r=0$ 时在此井段发现高极化率异常，异常值达12%，然后进行了地一井方式的方位测量，在此井段南、北方位都有异常反映，其中北方位 120m 以下的视极化率曲线的形态与 $r=0$ 测量方式曲线一致，只是幅值略高，浅部为低于背景值的负异常。南方位 120m 井段以下异常形态也与 $r=0$ 曲线形态一致，视极化率幅值略低，120m以上的视极化率曲线没有趋于背景值，而是一平缓的视极化率异常，异常幅值达10%。为了搞清楚这两层矿的空间赋存状态和延展方向，我们对方位测量资料进行如下整理

取 $r=0$ 的视极化率曲线作为背景，用南、北方位视极化率值减去 $r=0$ 曲线上同深度的视极化率值作为剩余极化率 $\Delta\eta$，计算 ΔV_2^a 曲线，即：

$$\Delta V_2^a=\frac{\eta_S^{方}-\eta_S^{r0}}{100}\Delta V_1^{方}(\mathrm{mv})$$

式中　ΔV_2^a—计算出的剩余二次电位异常。$\eta_S^{方}$—方位测量的视极化率值。η_S^{r0}—$r=0$ 曲线上与 $\eta_S^{方}$ 同深度点的视极化率值。$\Delta V_1^{方}$—方位测量的一次电位差。

计算后的 ΔV_2^a 曲线如图 4 中虚线所示，图中的曲线已经过三点一次圆滑，以消除局部不均匀体的影响。从图中可以看出，南方位的ΔV_2^a曲线为上正下负的反S形曲线，为主方位曲线的特征，极大值在70m，过零点在118m，正值大而负值小。北方位的 ΔV_2^a 为上负下正

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的正S形曲线，为反方位曲线和特征，过零点在112 m，异常幅度比南方位小，正负幅度大致相当。

从以上对曲线特征的分析，我们可以得出结论：钻孔中所见矿体向北倾斜，钻孔穿过矿体尾部，其中南方位上部为矿富集较好的部位。矿体北侧向下延伸不大，从而成北方位的ΔV_2^a正异常幅值较小，北方位120m以下的η_s曲线与$\gamma=0$曲线形态一致，幅值相当也说明了这一问题。这说明地一井方式方位测量不仅可以发现井旁井底盲矿，而且在钻孔穿过矿体的情况下，还可以确定其空间赋存形态和延展方向，这些结论都已被其后施工的ZK 4所证实。

4 结论

1．DJJ-1型井中激电仪是一数字化、自动化和轻便化的激电仪器，它的研制成功将推动井中激电工作的发展。

2．用激电测井的连续测量方式可以同时获得视电阻率、视极化率和自然电位曲线，不仅提高了工作效率，而且提高了地质效果。

3．地一井方式方位测量不仅可以用于发现井旁和井底盲矿，而且在钻孔穿过矿体的情况下，可以确定其空间赋存状态和延展情况。这时要注意根据不同的地质情况和异常反映选用合理的资料整理方法。

在使用DJJ-1型仪器的工作中，虽然取得了一些效果，但由于使用该仪器时间较短，尚没有发挥仪器的全部潜力，相应软件功能也有待加强。

EFFECTIVENESS IN APPLICATION OF MICROCOMPUTERIZED BOREHOLE INDUCED POLARIZATION INSTRUMENT

Sun Jiangang, Wu Jianzhang

(*Hebei Geophysical Prospecting Party, Langfang*, 102800)

Yu Guang

(*Beijing Geological Instruments Factory, Beijing*, 100027)

Abstract The software system of the DJJ-1 type borehole induced polarization instrument and some examples of its application are described briefly in this paper. Where a borehole intersects an orebody, azimuthal survey can be employed to find out its spatial shape and extension.

Key words DJJ-1 type borehole induced polarization instrument, effectiveness in application.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net