

矿井防爆瞬变电磁探测装置试验研究

刘建,于景邨,汤金云,王扬州

(中国矿业大学 资源学院,江苏 徐州 221008)

[摘要] 采用井下试验的方式,研究矿井防爆瞬变电磁探测装置。在以往非防爆瞬变电磁探测装置中,通过改变线圈的匝数和直径来满足井下安全防爆要求。经过海孜、界沟和祁东煤矿的三次井下试验,在发射功率不变且不影响探测距离的条件下满足了井下防爆要求。为将来设计井下防爆瞬变电磁探测装置提供依据。

[关键词] 矿井瞬变电磁法; 防爆; 工作装置

[中图分类号] TD679 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1672-9943(2008)03-0073-03

0 引言

应用于矿井下的瞬变电磁法其探测信噪比比地面瞬变电磁法和矿井直流电法勘探高的多,是一种前景广泛的探测方法。而在实际井下施工中,探测装置处于全空间中,应根据实际情况和需要改变发射线圈与接收线圈角度进行连续观测,以获得扇形剖面^[1]。由于要在有限的井下空间布置装置,线圈不能太大,且要达到一定的探测深度,这就要求增加发射电流。但考虑到井下安全问题,即使在低瓦斯矿井尽量加大通风量的条件下,发射电流也不能太大^[2]。根据矿井安全生产的需要,最大功率不能超过 50 W,而所使用的 TerraTEM 仪器的电压恒定为 24 V,所以电流在此前提下相应减少为 2 A 左右。因此,井下瞬变电磁法须采用灵敏度高的仪器和特殊的采集装置,以便在发射电流不大的情况下增大超前探测距离。针对上述情况,本文从矿井瞬变电磁法常用的多匝回线装置出发,采用井下试验的方式,研究矿井防爆瞬变电磁探测装置,在发射功率不变且不影响探测距离的条件下满足了井下防爆要求。

1 试验目的及装置

由于井下对仪器设备的防爆有严格要求,TerraTEM 仪器的额定功率被限制在 50 W 以内,远小于实际地面操作中的 80~90 W。仪器的电压恒定为 24 V,则电流相应减小为 2 A 左右。我们知道装置的磁矩决定勘探的深度,因此,发射电流相对减小,勘探深度也会相应减小。为了使仪器在井下施工满足防爆要求,而且实际勘探深度变化不大,则需适当增大匝数。据此我们对瞬变电磁装置

的发射线圈和接收线圈进行试验性改进,选择适合井下作业,能最大发挥出瞬变电磁法优点的装置。

试验仪器:TerraTEM 仪器一台(配备电池盒,接线)。

线圈 5 捆,记为 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 ,材质均为铜,多芯,且边长都为 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。线圈 L_1 为 40 匝,电阻为 $5.8\ \Omega$ 。线圈 L_2 为 30 匝,电阻为 $3.5\ \Omega$ 。

线圈 L_3 为 66 匝,电阻为 $11.3\ \Omega$ 。线圈 L_4 为 60 匝,电阻为 $9.8\ \Omega$ 。

线圈 L_5 为 34 匝,电阻为 $5.9\ \Omega$ 。

L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 线圈导线的截面积都为 1.5 mm^2 , L_5 的截面积为 1 mm^2 。

试验一中,选择 L_1 和 L_4 作为参照线圈组(1),用 L_2 和 L_4 作为对比组(2);试验二中仍选择 L_1 和 L_4 作为参照线圈组(3),用 L_3 和 L_4 作为对比组(4);试验三选择 L_4 为自激自收线圈组(5), L_5 和 L_4 作为对比组(6)。

2 井下试验

2.1 试验一

本次试验在淮北海孜煤矿进行,试验点在 101 号迎头处。此试验点的干扰主要为工字钢和锚杆支护。回线装置均选择重叠回线。

组(1)选用线圈 L_1 作为发射线圈, L_4 为接收线圈。组(2)选用线圈 L_2 作为发射线圈, L_4 为接收线圈。具体参数如表 1 所示。

表 1 试验线圈组参数

组别	发射电流 I/A	发射线圈面积参数 S/m^2	磁矩 $I \cdot A \cdot \text{m}^2$
组(1)	4.58	160	160×4.58
组(2)	6.36	120	120×6.36

根据迎头测得的数据,利用 Grapher 软件作出相应的电阻率—关断时间曲线图如图 1 所示。

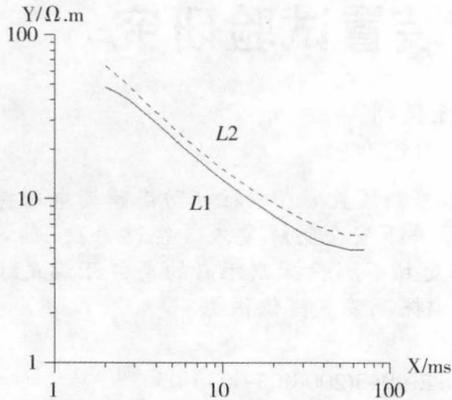


图 1 L1, L2 电阻率—关断时间曲线图

图中 X 、 Y 轴都取对数坐标, X 轴表示关断时间, 单位是 ms , Y 轴表示视电阻率大小, 单位 $\Omega \cdot \text{m}$ 。实线为 40 匝线圈所得的曲线, 用 $L1$ 表示。虚线为 30 匝的曲线, 用 $L2$ 表示。

从图 1 显示的电阻率—关断时间曲线可以看出两条曲线的形态基本一致。两条曲线的倾斜速度相当。相同关断时间下 $L2$ 的电阻率值大于 $L1$ 。 $L2$ 曲线的电阻率值都高于 $L1$, 说明其感应的二次场信号强于 $L1$ 。可见 30 匝线圈所得的信号关断时间小于 40 匝, 说明其对浅部地质体的探测能力较强。二次场感应信号也略强于 40 匝线圈, 有较好的勘探效果。同时比较它们感应电位—关断时间曲线图, 如图 2 所示。

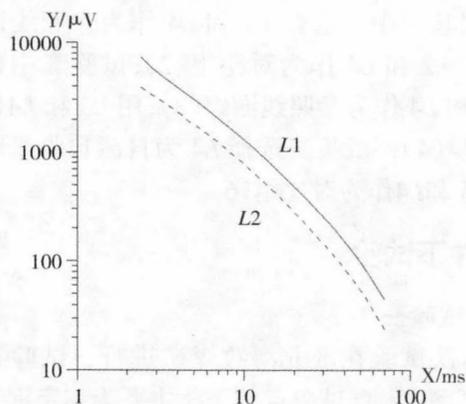


图 2 L1, L2 感应电位—关断时间曲线图

X 、 Y 轴都取对数坐标。 X 轴表示关断时间, 单位是 ms , Y 轴表示感应电位大小, 单位为 μV 。实线为 40 匝线圈所得的曲线, 用 $L1$ 表示, 虚线为 30 匝的曲线, 用 $L2$ 表示。

图 2 所示的两条曲线形态基本相同, 从整体上看, $L2$ 点的值比 $L1$ 的要低, 说明(2)组的感应电位值比(1)组要小。两条曲线最后下降的趋势大

致相同。

从试验结果来看, 这两组试验中, (2)组以 30 匝线圈作为发射线圈在关断时间上小于(1)组, 在二次场感应强度上大于(1)组。其对低阻体勘探效果更好, 对浅部地质体的探测能力更强。

我们知道关断时间除与仪器内部所采取的线路有关外, 还受回线的电性和大地电性的影响。关断时间对瞬变电磁场的影响是严重的, 它不仅影响了瞬变电磁法探测浅部结构的能力, 而且降低了瞬变电磁法的分辨能力。而关断时间与回线的电感特性密切相关。由于匝数增多, 导致线圈的电感效应增大, 关断时间增大^[3]。所以 30 匝线圈所得到的关断时间要略小于 40 匝线圈, 因此其浅部的勘探能力强于 40 匝线圈。但由试验一开头列举的电流数据可见 30 匝的关断电流为 6.36 A, 而实际防爆要求下的安全电流应该为 $I=2.08\text{ A}$, 所以在对比条件相同的情况下, 选用匝数更多的线圈来增大电阻进而减小电流来试验。

2.2 试验二

本次试验点在淮北界沟煤矿大巷。此测点干扰主要为铁轨。

组(3)选用线圈 $L1$ 作为发射线圈, $L4$ 为接收线圈。组(4)选用线圈 $L3$ 作为发射线圈, $L4$ 为接收线圈。具体参数如表 2 所示。比较 $L1$, $L3$ 的电阻率—关断时间曲线图如图 3 所示。

表 2 试验线圈组参数

组别	发射电流 I/A	发射线圈面积参数 S/m^2	磁矩 $I \cdot A \cdot \text{m}^2$
组(3)	4.52	160	160×4.58
组(4)	2.48	264	264×2.48

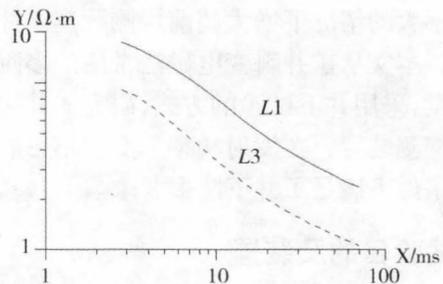


图 3 L1, L3 电阻率—关断时间曲线图

图 3 中实线为 40 匝线圈所得的曲线, 用 $L1$ 表示; 虚线为 66 匝的曲线, 用 $L3$ 表示。图 3 看出两条曲线的形态走势基本一致。 $L1$ 所示的电阻率值始终远大于 $L3$, 特别在 1.2 ms 后相差很大。两条曲线的下降趋势相同, 此阶段反应出 40 匝线圈感应的二次场强度远大于 66 匝线圈。 $L3$ 的值在 70 ms 后衰减到最小。

在本次试验中,我们选用的66匝线圈作为发射线圈,其发射电流 $I=2.48\text{ A}$,远小于40匝线圈的电流 4.52 A ,所以用此线圈在矿井防爆要求上较为满足。

2.3 试验三

本次试验点在皖北祁东煤矿迎头。此测点干扰主要为铁器和电机。

组(5)选用线圈 $L5$ (线圈总面积为 136 m^2)作为发射线圈, $L4$ 为接收线圈。组(6)选用为线圈 $L4$ (线圈总面积为 240 m^2)作为发射线圈,同时 $L4$ 为接收线圈,即采用自激自收的装置。

两组试验参数的发射线圈截面积不同和装置不同,组(5)截面积为 1 mm^2 ,选用重叠回线;组(6)截面积为 1.5 mm^2 ,选用同一回线。比较 $L5$, $L4$ 的电阻率-关断时间曲线图如图4所示。

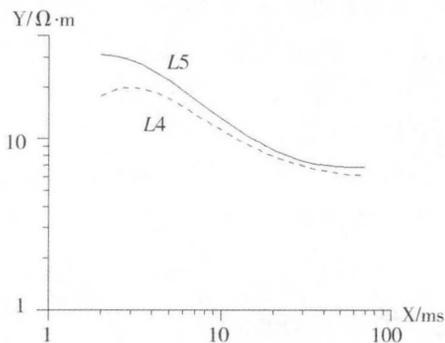


图4 $L4$, $L5$ 电阻率-关断时间曲线图

图4中实线为34匝线圈所得的曲线,用 $L5$ 表示;虚线为60匝的曲线,用 $L4$ 表示。从图4可以看出两条曲线的形态基本一致,在开始阶段相差较大。可见 $L5$ 所得的值大于 $L4$,即其二次场感应强度大于 $L4$ 。两条曲线下降速度逐渐相同最后基本重合。在 20 ms 以后两者的差距逐渐减小。

本次试验(5)中选用了 1 mm^2 的多芯铜线,其截面积远小于以前选用的 1.5 mm^2 ,这样相同电阻下线圈的匝数会更少。(5)组的关断时间都小于(6)组数据,原因同试验一类似,匝数越多其电感越大,关断时间也就越大。但(6)组中关断电流 I 较小,约为(5)组的二分之一,所以其满足了防爆要求。两组试验方案在二次场的感应强度上区别不是太明显,这是由于试验点的干扰因素,但从图4仍可以看出(5)组数据的二次场感应强度略大

于(6)组。

由公式 $R=\rho\frac{L}{S}$ 可得截面积 S 越小,电阻 R 越大。因此选用较细的电线可以绕出匝数比 1.5 mm^2 线圈少,但总电阻相同的线圈。由此可以得到较小的电流 I ,满足装置井下的防爆要求。而且匝数较少,其关断时间相对小,二次场感应强度较大。

3 结论

在不影响信噪比和探测距离不变的情况下,66匝线圈满足防爆要求,即使得仪器发射功率为 50 W ,电流为 2 A 左右。从试验一可得30匝线圈的关断时间小于40匝线圈,二次场感应强度大于40匝线圈。试验二可得40匝线圈的关断时间小于66匝线圈,二次场感应强度大于66匝线圈。可见30匝的线圈关断时间最小,二次场感应强度最大。线圈匝数越多,关断时间越大。对线圈的改进只是对矿井瞬变电磁防爆系统外部条件的改善。又由试验三可得采用 1 mm^2 截面积的线圈效果好于60匝的线圈。因此我们选用截面积较小,同时线圈匝数相对较少的小回线圈可以满足装置防爆的要求和减小线圈电感的影响。

就目前来看,矿井瞬变电磁法在我国的一些地区得到了较好的应用,但由于基本理论、资料处理、解释及仪器还有很多不足,给我们提出了许多难题。对于这些困难,只要我们肯下功夫,不畏困难就能取得良好的成绩,为社会带来巨大的经济效益,为建设高产、高效、安全的矿井做好技术服务保障。

[参考文献]

- [1] 石显新,等. 矿井瞬变电磁法在煤矿独头巷道超前探测中的应用研究[J]. 煤田地质与勘探,2004,(8).
- [2] 田劫,韩光,吴社晶,吴森. 矿井独头巷道掘进超前探测技术现状[J]. 煤炭科学技术,2006,34(8).
- [3] 杨海燕,岳建华,王梦倩,刘志新. 矿井瞬变电磁法中多匝回线电感对目标体探测的影响[J]. 物探与化探,2007,(2).

[作者简介]

刘建(1985-),男,现为中国矿业大学资源学院固体地球物理专业硕士研究生,研究方向:瞬变电磁法勘探。

[收稿日期:2007-12-04]