

# 矿井 TEM 探测导水陷落柱及检测注浆效果

陈金方,于景村,李 全,童宏树

(江苏镇江岩土工程勘察院,江苏 镇江 212111)

**[摘 要]** 采用矿井瞬变电磁法在煤矿井下巷道内探测工作面底板下导水陷落柱,效果显著,对比陷落柱注浆前、后探测结果显示注浆效果明显,是探测煤矿导水陷落柱及检测注浆效果的理想物探方法。

**[关键词]** 矿井瞬变电磁法;陷落柱;注浆;探测

**[中图分类号]** TD744 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1003-6083(2002)04-0007-02

## 0 引 言

皖北任楼煤矿在掘进 7218 工作面辅助轨道下山巷道时,由于巷道靠近工作面内导水陷落柱,灰岩水通过陷落柱突入巷道内,致使整个工作面 and 附近巷道被淹,给矿井生产造成巨大损失。经过任楼矿采取多种措施进行堵水和大力排水,才恢复井下正常生产。为了彻底堵注陷落柱突水,应先查明陷落柱具体位置,然后通过地面注浆进行堵水。因此采用矿井瞬变电磁法(简称矿井 TEM)在辅助轨道下山北侧(靠近陷落柱一侧)130m 左右的巷道内进行探测,根据探测结果确定陷落柱具体位置,在地面布置注浆钻孔进行注浆。注浆结束后,在同一位置采用同样方法进行探测,对比注浆前后探测结果可确定地面注浆效果。

## 1 矿井 TEM 基本原理

### 1.1 地面瞬变电磁法基本理论

瞬变电磁法或称时间域电磁法是利用不接地回线或接地线源向地下发射一次脉冲磁场,在一次脉冲磁场间歇期间,利用线圈或接地电极观测二次涡流场的方法。简单地说,瞬变电磁法的基础原理就是电磁感应定律。其基本工作方法是:于地面或空中设置通以一定波形电流的发射线圈,从而在其周围空间产生一次电磁场,并在地下导电岩矿体中产生感应电流;断电后,感应电流由于热损耗而随时间衰减。衰减过程一般分为早中晚期。早期电磁场相当于频率域中的高频成分,衰减快,趋肤深度小;而晚期则相当于频率域中的低频成分,衰减慢,趋肤深度大。通过测量断电后各个时间段的二次场变化规律,可得到不同深度的地电特征。

在电导率为  $\sigma$ , 磁导率为  $\mu_0$  的均匀相同性大地表面附设面积为  $S$  的矩形发射线圈,如图 1 所示,在回线中供以阶跃脉冲电流。在电流断开之前,发射电流在回线周围的大地和空间建立起一稳定的磁场。在  $t=0$  时刻,将电流突然断开,由该电流产生的磁场也立即消失。一次场的这一剧烈变化通过空气和地下导电介质传至回线周围的大地中,并在大地中激发出感应电流以维持发射电流断开之前存在的磁场,使空间磁场不会立即消失。由于介质的欧姆损耗,这一感应电流将会迅速衰减,这种迅速衰减的磁场又在其周围的地下介质中感应出新的强度更弱的涡流,这一过程场继续下去,直至大地的欧姆损耗将能量消耗完为止。这便是大地中的瞬变电磁过程场,伴随这一过程场存在的电磁场就是大地的瞬变电磁场。

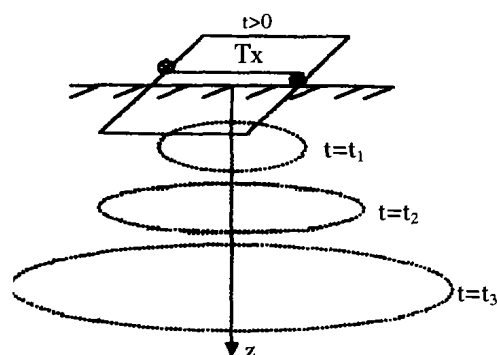


图 1 地下感应电流环带分布图

### 1.2 矿井瞬变电磁法

矿井瞬变电磁法基本原理与地面瞬变电磁法一样,采用仪器和测量数据的各种装置及时间窗口也相同。由于矿井瞬变电磁法勘探环境的限制,测量线圈大小有限,其勘探深度不如地面深,一般深度在 100m 左右。地面瞬变电磁法为半空

间瞬变响应,这种瞬变响应来自于地表以下半空间地层;而矿井瞬变电磁法为全空间瞬变响应,此响应来自于回线平面上下(或两侧)地层,这对确定异常体的位置带来困难。实际资料解释,必须结合具体地质和水文地质情况综合分析。矿井瞬变电磁法与地面瞬变电磁法相比其特点如下。

(1)由于井下测量环境不同与地表,不可能采用地表测量时的大线圈(边长大于 50m)装置,只能采用边长小于 3m 的多匝小线圈,因此数据采集工作量小,测量设备轻便,工作效率高,成本低。

(2)由于采用小线圈测量,点距更密(一般为 2~20m),降低了体积效应的影响,提高了勘探分辨率,特别是横向分辨率。

(3)井下测量装置距离异常体更近,大大提高测量信号的信噪比,实测结果表明,井下测量信号的强度比地面同样有效面积的同装置测量的信号强 10~100 倍。井下的干扰信号相对有用信号近似等于零,而地面测量信号在衰减到一定时间阶段就被干扰信号覆盖,无法识别有用异常信号。

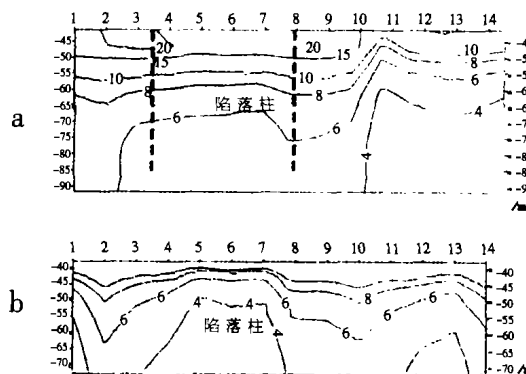
(4)地面瞬变电磁法一般只能将线圈平置于地面测量,而井下瞬变电磁法可将线圈置于巷道底板测量,探测巷道底板下一定深度内含水异常体垂向和横向发育规律,也可将线圈直立于巷道内,当线圈面平行巷道掘进前方,可超前探测;当线圈面平行于巷道侧面煤层,可探测工作面内和顶、底板一定范围内含水低阻异常体的发育规律。

(5)由于瞬变电磁法关断时间的影响,与其它物探方法相比,无法探测到更浅部的异常体。

## 2 资料处理与解释

图 2 为辅助轨道下山巷道注浆前后矿井 TEM 视电阻率等值线拟断面图,图中横坐标为测点坐标,纵坐标为水平探测深度,即巷道一侧沿煤层水平延伸距离,探测范围涉及煤层顶底板一定范围

岩层。由图 2(b)4~7 号测点之间视电阻率等值线变化呈半封闭状规律可看出,该位置含水裂隙发育,且富水性很强,通过井下钻孔探测的导水陷落柱位置与瞬变电磁法探测结果吻合。图 2(a)该段视电阻率等值线变化规律呈近水平分布(深度从 45~75m)。由此可见,通过注浆,岩石电性变化均匀,说明注浆效果良好,与井下注浆后钻孔探测结果基本吻合。



a. 注浆后探测结果; b. 注浆前探测结果

图 2 矿井 TEM 视电阻率等值线拟断面图

## 3 结 论

(1)注浆前,由于工作面内导水陷落柱发育,致使电性变化复杂;注浆后,陷落柱内导水裂隙或通道被封堵,形成一整体,电性变化稳定,采用矿井 TEM 探测具有物理依据。

(2)由于矿井 TEM 探测方法具有上述诸多特点,所以采用该方法探测井下不同位置不同形态的含水构造具有明显的优势。

### [作者简介]

陈金方(1964-),男,1989年毕业于中国矿业大学,工程师,现工作于江苏镇江岩土工程勘察院。

[收稿日期:2002-08-23]

(上接第 6 页)力学调查—围岩分类—初步支护设计—监控与信息反馈—修正设计的原则进行,没有一成不变的设计,只有不断地从设计到现场、再结合现场修正设计这样反复的过程中,设计才更趋合理性。

(4)巷道过断层段时的支护必须采用锚架联合支护,棚距 800mm。对已预知断层,应计算断层前后的套棚距离,提前改变支护方式;对未知断层,在遇断层后应立即后退套棚,自上盘接近断层

时,后退距离不少于 3m,穿过断层后的套棚距离不少于 7m;自下盘接近断层时,后退距离不少于 7m,穿过断层后的套棚距离不少于 3m;所有套棚必须连锁。

### [作者简介]

甄宗敬(1970-),男,工程师,1992年毕业于原山东矿业学院,现工作于大屯能源股份有限公司姚桥煤矿设计室。

[收稿日期:2002-09-02]