

# 定向扫描成像测井技术及其应用

南亲江, 钦惠平

(南京工程高等职业学校, 江苏 南京 211135)

**摘要:**定向扫描成像测井技术,就是按照规定的方向对井壁进行扫描,把井壁展开成一个连续的平面。这种信号不能在磁屏蔽、磁干扰条件下工作,进而不能确定地质信息的方位。然而,当运用陀螺定向技术对人造磁场进行定向,在人造磁场中,转动的线圈感应出来的交变电信号作为图像扫描触发信号,能够测量所形成的超声图像,并快捷、准确地查明井管故障点的位置、损坏的规模大小和方位,从而为维修方案的确定提供了可靠的依据。

**关键词:**定向扫描;成像技术;人工磁场;陀螺定向;水井修复

**中图分类号:**TU991.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)01-0055-02

**Technique of Well Logging by Directional Scanning Image and Its Application/NAN Qin-jiang, QIN Hui-ping** (Nanjing Engineering Senior Vocational School, Nanjing Jiangsu 211135, China)

**Abstract:** Technique of well logging by directional scanning image means scanning the wall of a well according to the given direction, and makes the wall of a well be unfolded to a continuous plane. Common ultrasonic imaging well logging instruments make the strongest magnetic north signal of terrestrial magnetic field as the starting point of scanning trigger signal, which can neither work in the condition of magnetic shielding or magnetic interference, nor ascertain the location of geologic information. However, by taking gyro-positioning technique to locate artificial magnetic field, the ultrasound image produced by measurement processing, where AC (Alternating Current) signal is induced by rotated coils in the artificial magnetic field as the triggering signal for image scanning, we can quickly and accurately ascertain the fault spot and the damage scale and location of well pipes, so as to provide the reliable basis for making maintenance plan.

**Key words:** directional scanning; imaging technique; artificial magnetic field; gyro-positioning; well maintenance

超声成像测井技术在我国的应用最早出现在 20 世纪 80 年代,主要是用在水文地质上,它用成像的方法形象直观地反映钻孔内的地质情况,用以判断井孔内裂隙发育情况、含水层的位置和富水性。这与以往的测井方法相比,无疑是一大进步。但是这种方法也有其缺点:在磁性物质干扰下无法测定方位,在井管(钢管或水泥管)中因地磁场被屏蔽或钢质管本身带磁,使仪器无法工作,即使采用现代编码技术,也解决不了方位问题。经反复分析、研究,笔者对原有仪器进行了改进,把超声成像测井仪器和陀螺定向技术结合起来,并用人工磁场代替地磁场作为图像扫描触发信号,取得了非常好的效果,从而扩大了这种方法的应用领域。

## 1 人工磁场超声成像测试技术原理

超声成像测井仪器是由地面监测仪器和井下仪器组成。井下仪器由直流电机带动一个双向压电陶瓷超声换能器绕井轴旋转(转速是在设计仪器时,

视测量分辨率而定),同时向井(管)壁发射在电脉冲激励下产生约 1 MHz 左右的超声脉冲,并接收其反射回波,反射回波在压电陶瓷上产生压电效应并输出电信号。电信号的大小与反射波的强弱有关,而反射波的强弱与井(管)壁连续性和反射能力,即波阻抗的差异有关。当井(管)壁破损时,反射波就微弱,或者出现透射现象,就没有电信号输出。利用回波信息进行成像,从而获得井(管)壁的有关信息。为把井(管)壁展开成一个平面图像,在井下仪器中,还有一个同步转动的线圈传感器,用以接收地磁北信号,作为地面仪器扫描触发的起点信号,这样,回波信号从北开始有规律的排布,展现出按照北、东、南、西、北展开的逼真的图像。地面仪器主要包括显示器、照相机、记录仪、录像机及回收资料处理所用的管壁成像微机系统。在井管的故障检测中,井管多是钢管或水泥管,对地磁信号具有很强的屏蔽性,往往接收不到磁北信号,使图像信号“乱码”。为了解决上述问题,笔者将人工磁场和陀螺

收稿日期:2006-12-22

**作者简介:**南亲江(1959-),男(汉族),江苏滨海人,南京工程高等职业学校教务处主任、高级讲师,地球物理勘探专业,从事工程物探教学与井中物探研究工作,江苏省南京市其林门,(025)84124730,n-q-j@163.com;钦惠平(1958-),男(汉族),江苏无锡人,南京工程高等职业学校副校长、副教授,探矿工程专业,从事探矿工程教学与研究工作,(025)84129798,njgcqhp@163.com。

定向技术应用于超声成像测井仪,取得了令人满意的效果。

其做法是在原有的井下探管中安装了一个陀螺仪。改造后的超声成像测井仪探管结构见图1。其中陀螺仪包括修正电机、联轴器、陀螺框架、陀螺电机、集流环等。安装陀螺仪的目的是保持人工磁场的方向始终不变。在陀螺仪上安装一个长50~70 mm的金属杆,该金属杆可用硬铝这样的轻质金属制成。在金属杆上安装一根重1~3 g、长25~35 mm的磁钢,其目的是用磁钢产生的磁场代替地磁场,陀螺仪的地面仪器是电源控制箱,采用的是上海地质仪器厂生产的陀螺测斜仪控制面板。该面板通过6芯电缆的3根线向陀螺的三轴向电机供电,另外3根线为超声测井仪供电线和信号线。将超声探头部分的直流电动机的后轴(上)延长,并装上一个与前轴(下)速比完全一样的齿轮减速箱。下齿轮

减速箱联接超声探头,带动探头中的超声换能器旋转,上齿轮减速箱通过万向节带动集流环和接收线圈旋转。接收线圈距离条形磁钢7~13 mm,根据磁钢磁性强弱,在调试仪器时在这个范围内调整。为防止外界磁场的干扰,在磁钢和接收线圈的外部包裹一圈软磁材料,一般来说,厚0.5 mm左右、长300 mm左右软磁材料包在相应位置,足以屏蔽外界磁场的干扰。所有的元器件安装完成后,还要用标定罐对探管的方向进行标定,在标定罐内已知多个方位上放上特定的物体,开启仪器,转动探管,找出能够使超声图像从北开始扫描的起始位置,并将这一位置刻在探管外侧南北轴线上,标上N(北)、S(南)。通过上述改进而研制的陀螺定向的超声成像测井仪,就能在磁性钻孔内取得井壁连续的图像信息,检测井管的破损情况。

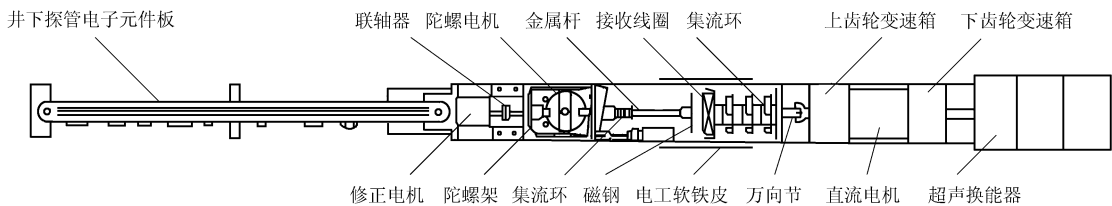


图1 陀螺定向超声成像探管结构图

## 2 野外工作方法与技术

陀螺定向的超声成像测井技术是2个系统的结合,因此在野外操作与使用方法上也有别于其它方法。在下井测量前,首先要对探管的方向进行标定。用测绘仪器在标定罐上找出南北方向,将探管放在盛有水的标定罐内,探管上的N对上标定罐的北,S对上标定罐的南,开启陀螺定向系统。再检查一下超声系统工作是否正常,检查的方法是开启超声系统,观察超声回波信号是否正常,在标定罐的正南方向放一金属杆件(如钢锯条),在显示屏幕上应出现一个缺口。观察超声回波信号上的缺口,记录一段图像。两个系统都能正常工作后即可下井测量。井壁图像测量完成以后,将探管再放回到标定罐内,测量一段由金属杆件而形成的有缺口的图像,对两段图像的方位进行对比。如果两段图像的方向有误差,则可能是陀螺仪的漂移引起的,可根据测量时间的长短进行线性校正,如果漂移误差超过出厂时允许的误差范围,则要检查原因,重新测量,直到满足要求为止。

## 3 应用实例

图2(a)是常规超声成像测井仪器在原江苏省水文地质工程地质大队徐州分队水井测得的图像。井管为 $\varnothing 168$  mm的钢管,因为扫描触发信号受到屏蔽,仪器不能正常工作,图像资料模糊。图2(b)是经改进后的陀螺定向的超声成像测井仪仍在该井测出来的超声成像图片,图上清晰地反映了井管、接头、过滤器等信息。该井使用多年后出现漏砂现象,从图像资料上并未发现井管、过滤器破损问题,可能是过滤器外滤网坏了,后来在井内下了 $\varnothing 89$  mm的过滤器,堵住了漏砂问题,恢复了正常供水。

图2(c)是江苏坯州纺织厂井管检测图像,该井的故障现象是漏砂出浑水,从图像资料上未发现井管破损。但在每根管子上都有两个洞的轮廓,这是在下管子时穿杠杆用的,杠杆挑着管子一节一节往下下。上下两根管子焊好后再补上洞孔。从图片上看出在80 m接头的下部偏西方向有一个洞没有超声回波,说明补洞的圆块脱落,修井队在此下了弹簧钢板,堵住了漏砂位置,水井修复成功。

图2(d)是江苏丰县中学水井超声成像测井图  
(下转第59页)

最大震动按 3 cm/s 选取,则:

$$Q = R^3 (V/K \cdot K')^{3/\alpha}$$

式中:Q——最大一段的装药量,kg;R——按最近建筑物距离取值,R = 15 m;V——允许震动速度,为确保安全,取 V = 3 cm/s;K、α——与爆破地形地质条件有关系数和衰减指数,取 K = 200,α = 1.5;K'——与爆源远近和爆破体临空面多少有关的系数,一般为 0.25 ~ 1,取 0.3。

则 Q = 8.4 kg。

设计中,最大同段药量为 6 根桥墩同时起爆,即最大的同段药量为:6(根) × 6(个) × 100(g/孔) = 3600 g,3.6 kg < 8.4 kg,所以爆破震动不会造成危害。

爆破时,在管线横穿路面的部位铺设减震垫层,沙包垫层厚 0.8 m。

### 7.2.2 空气冲击波

空气冲击波的强度取决于一次爆破的药量,本次单段最大爆破药量仅为 3.6 kg,且分散在 6 个桥墩的 36 个炮孔中,药量不大,所以空气冲击波不是爆破的主要危害。

## 8 爆破效果

起爆后,立交桥从东面引桥开始塌落,到环形桥部位时,分左右两边对称塌落。爆后爆堆高度大部

(上接第 56 页)

片,井管为水泥管。故障现象为漏砂出浑水,超声图像上清晰地反映了水泥管在白管与过滤管接头处以下有大面积破损现象,过滤管滤眼的形状(制管时由木楔形成的孔眼)也反映得很清楚,坏的位置在 78 m 以下南偏西方向。

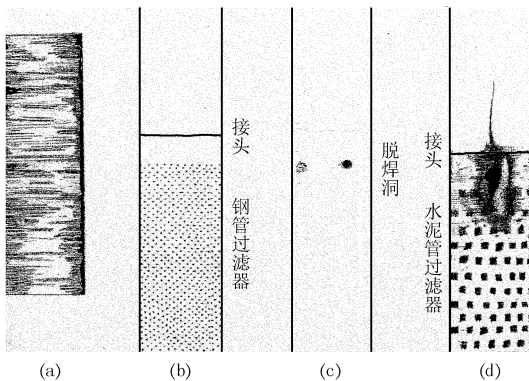


图 2 井中超声成像图片

分为 70 cm,有桥墩的部位超过 1.2 m,桥板大部分裂成块状,但配筋未断,爆破没有产生过远飞石,附近建筑物玻璃门窗均未损坏,爆破震动也小,站在距爆点 40 m 的建筑物内,没有丝毫的震感。爆破取得了成功。

## 9 施工体会

(1) 立交桥采取爆破桥墩原地塌落的拆除方法是可行的,对城市控制爆破中炮孔数量大而且分散的拆除工程,采用非电导爆系统爆破网络是行之有效的;

(2) 由于立交桥重心低,爆破桥墩时,炮孔装药量应考虑主筋大小及布筋情况,爆破时尽量使爆渣飞出钢筋笼,同时预先切割 1/3 的主筋,利于桥墩的破坏及桥面的塌落;

(3) 爆破部位采取草袋、麻袋及竹跳板用铁线进行捆扎防护飞石,是一种可靠、安全、经济的防护方法。

## 参考文献:

[1] 马乃耀,等.爆破施工技术[M].北京:中国铁道出版社,1985.  
 [2] 于亚伦,等.工程爆破理论与技术[M].北京:冶金工业出版社,2004.

## 4 结语

常规超声成像测井仪器加上陀螺定向系统和人工磁场以后,克服了以往超声成像测井仪器不能在磁屏蔽、磁干扰条件下正常工作的缺点,能准确显示井(管)壁的损坏情况、虚焊、脱焊问题,还能准确解读井管损坏的空间位置。测试结果直观明了,效益明显,为修井方案的制定提供了可靠的依据。如果将这种方法应用到金属矿区的测量和勘探工作,可以测出金属矿层的产状、厚度、完整性等地质要素,为矿业勘探、储量计算提供必要的数据,必将产生更大的社会效益,具有广阔的应用前景。

## 参考文献:

[1] 南亲江,叶晓彤.陀螺定向的超声成像测井测管仪的研制[P].中国:86207534,1987.  
 [2] 房乾,李永胜,梁冰,等.Ø43 mm 小直径井壁超声成像测井仪的研制及应用[J].测井技术,2005,(6):562-563.