

## ◀ 教授专家专栏 ▶

## 金属条码在钻柱管理中的应用研究

冯 定<sup>1,2</sup> 邹 艳<sup>1</sup> 王 鹏<sup>1</sup> 黄朝斌<sup>1</sup> 周 魁<sup>1</sup>

(1. 长江大学 机械工程学院, 湖北 荆州 434023; 2. 中国石油大学(北京) 机电工程学院, 北京 昌平 102249)

**摘 要:**在简要论述金属条码基本原理的基础上,提出了采用金属条码标签植入钻柱接头管理钻柱的方法。利用电磁原理制造的金属条码阅读器对金属条码标签进行非接触性扫描,产生的交变磁场将在金属条码标签上产生电涡流。同时该电涡流将反作用于金属条码阅读器上的线圈,使其电流大小和相位发生相应的变化,即线圈的有效阻抗变化。通过整形放大接口电路将该阻抗变化转换为 TTL 信号,检测出其信号即可得到钻柱 ID。再以此 ID 为基础建立相应的数据库,得到钻柱的库存信息及累计使用时间,从而有助于提前预防钻柱失效,有效地管理钻柱。

**关键词:**金属条码;钻柱;管理;标签;阅读器

**中图分类号:**TP391.44;TE921+.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2007)05-0007-03

在石油钻井过程中,钻柱失效时有发生,而失效形式主要为疲劳破坏。从材料、环境和力学三方面对钻柱失效原因进行分析,可知导致失效的主要有结构因素和钻井工艺因素<sup>[1-3]</sup>。因而预防钻柱失效的主要措施是正确选材、改善工作环境、合理设计钻柱<sup>[4-5]</sup>、降低服役载荷及应力和加强钻具管理等。

目前各油田都能够严格执行钻柱的使用制度,管好、用好钻柱,经过多年的摸索,已建立起对钻柱“分级排队、打字编号、单根建卡、编组使用”的有效办法。但在具体使用过程中,由于打字编号是在钻柱的管体外部,随着钻柱的使用而逐渐磨损,最后不能很好识别。为此将“隐型”金属条码植入钻柱的接头,给每根钻柱以唯一的身份,通过特殊的金属条码阅读器记录使用时的各项记录。借助这些信息,管理人员就能确定钻柱的累计使用时间,提前预防钻具失效,从而有效地管理钻柱<sup>[6]</sup>。

## 1 结构设计及其原理

记录信息有 3 种方式:不同宽度金属条的排列、不同厚度金属条的排列及不同金属条间隙的排列。记录信息时根据一定的编码规则进行编码,然后将编码表示成金属条宽度、厚度或间隙不同的排列,生成唯一的金属条码标签,加在一块塑料板上,同时上面用聚酯薄膜覆盖。将这块与钻柱材质相同的金属条码标签植入钻柱的接头,其在钻柱接头的位置及标签内部结构如图 1 所示。接头直径大于钻柱的直径,恰好比钻柱的其它地方都适于安装标签,标签隐

藏在离钻柱接头台肩 19 mm 处,将一个厚 5 mm 的聚四氟乙烯圆板覆盖在标签的上部,以便在井下高温环境中保护标签不受损伤<sup>[7]</sup>。聚四氟乙烯圆盘的直径较大,当其强行压入钻柱接头时能够很好地密封,同时聚四氟乙烯光滑的表面也有助于清除标签表面的钻井液。圆盘之下是金属条码标签。标签尺寸较小,可降低表面法向应力;如标签尺寸过大,钻柱的钢质整体结构将产生屈服,会导致钻柱发生扭曲。另外,设计的标签结构要求能够隔离外界 140 MPa 的压力,以免伤及内部的金属条码标签。一旦标签离开井下环境或是上升到地面,金属条码阅读器就能很快地访问并作相应的记录。其工作原理是:通以高频正弦交变电压的金属条码阅读器扫描金属条码标签时,金属条码阅读器上线圈的周围空间就产生交变磁场,交变磁场则在金属条码标签上产生电涡流,电涡流将会产生高频磁场反作用于金属条码阅读器上的线圈,使线圈的电流大小和相位发生变化,即线圈的有效阻抗变化。通过这个线圈阻抗的变化表征金属条码标签的涡流效应。线圈阻抗的变化不仅与电涡流效应有关,还与金属条码标签的电导率、磁导率、几何尺寸、激磁电流、频率以及

**收稿日期:**2007-03-05; **改回日期:**2007-06-07

**作者简介:**冯 定(1963—),男,1984 年毕业于江汉石油学院矿场机械专业,教授,博士生导师,主要从事神经网络专家系统、石油机械及井下工具的教学与研究。

**联系电话:**(0716) 8062079

线圈到金属条码标签的距离等有关。但此时线圈、金属条码标签及线圈到金属条码标签的距离已确定,电感的变化只与线圈有关。当金属条码阅读器的线圈匀速通过扫描金属条码标签时,通过线圈电感量的变化而测量出金属条码宽度和间隙。其工作原理如图2所示。

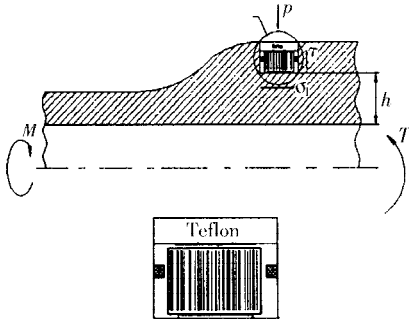


图1 标签凹进处结构设计及其受力分析

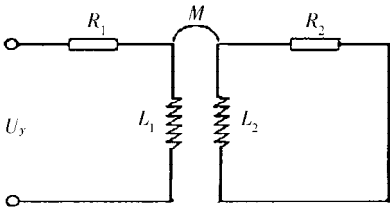


图2 金属条码标签工作原理

把图2中电涡流传感器的金属条码标签看作一个短路线圈,它与金属条码阅读器高频通电磁平线圈磁性相连。根据变压传感器原理,把金属条码阅读器的导电线圈看成变压器原边,金属条码标签中涡流回路看成副边<sup>[8]</sup>。 $R_1$ 和 $L_1$ 分别表示金属条码阅读器内线圈铜电阻和电感, $R_2$ 和 $L_2$ 分别为金属条码标签的电阻和电感,线圈与金属条码标签间互感系数 $M$ 随间隙 $x$ 的缩短而增大。 $U_y$ 为高频激磁电压,根据 Kirchhoff 电压平衡方程式,可写出方程:

$$I_1 R_1 + I_1 j \omega L_1 - I_2 j \omega M = U_y \quad (1)$$

$$I_2 R_2 + I_2 j \omega L_2 - I_1 j \omega M = 0 \quad (2)$$

联立式(1)、(2)求解,便可得到金属条码阅读器的线圈在金属条码标签影响后的等效阻抗为:

$$Z_L = R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2} + j \left[ \omega L_1 - \omega L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2} \right] \quad (3)$$

式(3)中,金属条码阅读器的线圈选定后 $R_1$ 和 $L_1$ 就能定下来,其与金属条码标签的距离和信号源的电压也能确定下来。则 $Z_L$ 仅与 $R_2$ 和 $L_2$ 有关,即只与金属条码标签有关。这样当金属条码阅读器

开始平移扫描金属条码标签时,通过检测 $Z_L$ 就可以测出金属条的宽度。将检测到的 $Z_L$ 信号进行放大、整形处理后输给译码电路处理器就可以读出金属条码的信息。

## 2 金属条码标签的识别过程

金属条码阅读器非接触性识别植入钻柱接头的金属条码标签的流程如图3所示<sup>[9]</sup>。

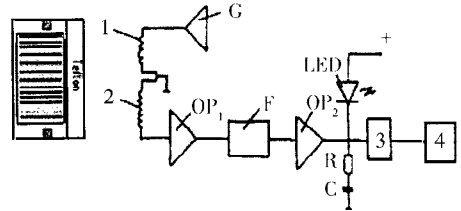


图3 金属条码标签的识别流程

图3中金属条码阅读器包括提供电源的自动偏压式电容三点式的LC振荡器G,与金属条码标签产生电涡流效应的两级线圈1、2,由放大器 $OP_1$ (LF155)、滤波器F(双T滤波器)和放大器 $OP_2$ (LM143)组成对 $Z_L$ 信号进行整流放大的整形放大接口电路,译码器3,显示器4。当金属条码阅读器未开始扫描时,线圈1、2与金属条码标签组成的振荡回路谐振频率设为 $f_0$ ,其输出电压即为谐振电压 $U_0$ ;当钻柱上升到地面,金属条码阅读器开始接近接头处的金属标签时,电容三点式振荡器开始输出2 MHz左右的变频调幅波,线圈1周围形成的交变磁场在金属条码标签上形成电涡流效应,该诱导电流对线圈2产生影响,反作用于线圈1,使线圈1的阻抗发生变化,引起线圈2上的诱导电流发生变化,从而引起谐振频率发生变化。而被检测到的金属条码标签由不同宽度、不同厚度或不同间隙的平和空组成的,金属条码阅读器扫描到不同材质的平和空时,谐振曲线相应地发生变化,以 $f_0$ 为基准,向两边变化,曲线逐步变得平坦。此时金属条码阅读器的线圈回路组成的振荡器有输出电压,频率不断发生变化,而且幅值也会发生相应的变化。如图4所示,输出电压分别为 $U_{01}, U_{02}, \dots$ ,振荡频率分别为 $f_1, f_2, \dots$ ,通过对输出电压频率或幅值的检测就可测量出有无金属条或金属条的宽度。具体的做法如图3所示,金属条码阅读器通过对输出电压的频率和幅值的放大,再次滤波和放大,转化为TTL电平信号,该信号传给译码器处理并在显示器中显示出来。为了避免信号失真,整型滤波接口电路外接一电阻R、电容C到地。并接发光二极管LED作为讯号显

示。

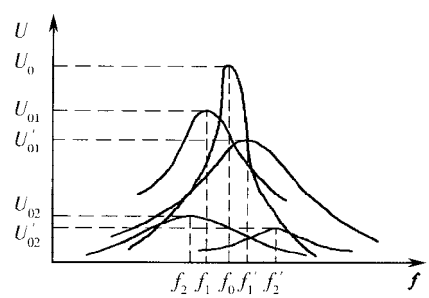


图 4 变频调幅波

### 3 应用与分析

通常对钻柱进行管理时,输入的变频调幅波为 2 MHz,将产生 8 位唯一的 ID 码,如随机产生的二进制编码为:0100 1001 0011 0110 0110 0010 0110 0111,对应的 ID 为 49366267。前面再加 7 位预留编号,利用这些 ID 建立相应的数据库。该数据库包括标签 ID 号、物料描述、库存位置、供应商、采购和销售订单、维修情况以及发料日期等。通过 ID 建立的数据库能唯一、快速且准确查明其库存及使用情况,便于对钻柱的库存管理以及后期的钻井计划安排,同时在生产过程中,能用 ID 统计钻柱在井下的工作时间及所占每口井的深度,并反馈到数据库系统。各个部门在任何时间都可方便、快捷而准确全面地了解钻柱的相关信息以及其累计使用时间等,以做到提前预防钻柱失效,达到有效管理。

### 4 结束语

通过对金属条码简述、金属条码阅读器对金属

条码识读过程及原理的研究,在综合考虑井下工作状况的基础上,提出利用金属条码阅读器对钻柱接头处的金属条码标签扫描生成钻柱 ID,同时利用钻柱的这唯一 ID 建立数据库对钻柱进行管理。该应用将带来如下好处:1)有效解决当前钻柱表面编码不清,编码和实际钻柱不符的问题;2)为钻柱由半手工到计算机管理提供了方便,实现了对钻柱从采购、供应、生产直至返库存、维修及检测一条链的管理;3)ID 位于钻柱接头处,为当前在役的钻柱就在役工作时间、井下未工作时间以及钻井深度等提供了详细而具体的统计。

### 参 考 文 献

[1] 万里平,孟英峰,杨龙. 钻柱失效原因及预防措施[J]. 钻采工艺,2006,29(1):57-59.

[2] 司万春,周瑞强,黄物星,等. 塔里木盆地中 4 井钻具损伤分析[J]. 石油钻探技术,2005,33(6):9-11.

[3] 高宝奎,高德利. 钻柱使用寿命的不确定性分析[J]. 石油钻探技术,2003,31(5):63-66.

[4] 孔祥成,赵国建. 陕北富县探区钻具失效原因分析及对策研究[J]. 石油钻探技术,2003,31(3):60-61.

[5] 胡以宝,狄勤丰,邹海洋,等. 钻柱动力学研究及监控技术新进展[J]. 石油钻探技术,2006,34(6):7-10.

[6] 陈晓平. 条码印刷技术[M]. 北京:工业出版社,1995:60.

[7] Berndie Strassner,Kai Chang. Passive 5.8-GHz radio-frequency identification tag for monitoring oil drill pipe [J]. IEEE, 2003,51(2):356-363.

[8] 胡晓兵,殷国富,李文杰,等. 金属条码识别原理与扫描器的研制[D]. 四川成都:四川联合大学机械工程系,1998.

[9] 贾有涵. 金属条码扫描器:中国实用新型专利,CN94236612.3 [P]. 1995-10-25.

[审稿 屈文涛]

## Application of Metal Bar Code in Drill String Management

Feng Ding<sup>1,2</sup> Zou Yan<sup>1</sup> Wang Peng<sup>1</sup> Huang Chaobin<sup>1</sup> Zhou Kui<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Yangtze University, Jingzhou, Hubei, 434023, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, China University of Petroleum (Beijing), Changping, Beijing, 102249, China)

**Abstract:** Based on introducing the working principles of the metal bar code, a method to manage drill string by planting metal bar code into the connection was developed. Eddy current of tag is induced by an alternating magnetic field produced by non-contact-scanning using an electromagnetic metal bar code reader. And meanwhile the coils of the metal bar code reader has been reacted by the eddy current, which will change the current magnitude and phase, i. e., the effective impedance of coils. The effective impedance transformation is converted into TTL signals through shaping and amplifying interface circuit. Then the drill string identification (ID) can be identified by TTL signals detection. The corresponding database is established that contains information about the drill string reserves and its accumulative usage time. With the database drill string failure can be prevented in advance and drill strings can be managed effectively.

**Key words:** metal bar code; drill stem; management; label; microreader