

钻井泵冲数实时测量方法研究*

吕治忠¹, 朱克军², 钟功祥¹

(1.西南石油大学 机电工程学院, 四川 成都 610500;

2.辽河石油装备制造总公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 针对目前钻井泵的冲数测量方法中测量周期长、无法及时掌控工况的问题, 提出了一种通过测量钻井泵冲数的脉冲周期变化实现钻井泵冲数检测的方法, 利用单片机及 C 语言实现了系统的软硬件开发。该方法可迅速反应出冲数的变化情况, 使现场人员及时掌握钻井泵的工作情况, 提高了钻井工程的安全性。

关键词: 钻井泵; 冲数; 周期测量; 单片机; C 语言

中图分类号: TP274+.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)24-0077-03

Study of drilling pump speed for real-time measuring method

LV Zhi Zhong¹, ZHU Ke Jun², ZHONG Gong Xiang¹

(1.College of Mechanical and Electronic Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;

2.China Petroleum Liaohe Equipment Company, Panjin 124010, China)

Abstract: A method for speed measurement of the drilling pump is presented, which is based on variation of the pulse cycle time and can solve the issues of long period measurement and not timely situation monitor in present drilling. SCM and C language are used for the system hardware and software development. It can rapidly indicate the change of the pump speed, show the working situation to the staff and improve the safety of drilling.

Key words: drilling pump; pump speed; period measurement; single-chip microcomputer; C language

钻井泵是石油钻机的三大工作机组之一, 是钻井液循环系统中的关键设备^[1]。钻井泵冲数的变化能够及时反映钻井工程的钻进情况, 如果钻井泵出现超压力或超过载工作时, 将直接通过冲数变化反映出来, 钻井泵冲数的测量在钻井多参数监测系统中是必须记录的参数之一。

当前常用的冲数测量方法是通过接近开关检测动力端输入轴的转速, 再除以钻井泵的减速比, 便可得到实际的冲数, 由于现有计量方法采用的是单位时间内接近开关的脉冲数, 如果测量时间太短(如 1 s), 则计算出来的冲数与实际冲数相差较大, 故测量时间一般选得较长(如 5 s), 冲数测量较准确但无法及时反应钻井泵冲数改变, 不利于现场对钻井工程的钻进情况及时掌握。

采用单片机测量钻井泵脉冲周期的方法, 可以使钻井泵的冲数测量在一个周期内便能实现测量, 提高了钻

井泵冲数测量的实时性。

1 测量原理

采用周期测量的方法在钻井泵的动力输入轴圆周上布置 1 片磁钢, 再安装一只霍耳传感器检测随轴转动的磁钢, 当磁钢通过霍耳传感器时, 便产生一个脉冲信号, 如图 1(a)所示。图 1(b)所示是单片机晶体振荡器所产生的脉冲, 在晶体频率选定的情况下, 其时钟周期的时间确定不变, 通过计量动力端转速产生的两脉冲周期下降沿间的时钟信号的个数, 便可测量出转速。两脉冲之间的关系与图 1 中一致: $t_n = N_n \times t_0$, 式中, N_n 为霍耳传感器检测到磁钢一周内的计数值, 通过计算可以算出一周的周期, 泵冲计算公式为:

$$P = \frac{1}{it_n} \quad (1)$$

式中 i 为钻井泵的传动比, t_n 为一周的时间。

* 基金项目: “石油天然气装备”教育部重点实验室基金项目(STS008)

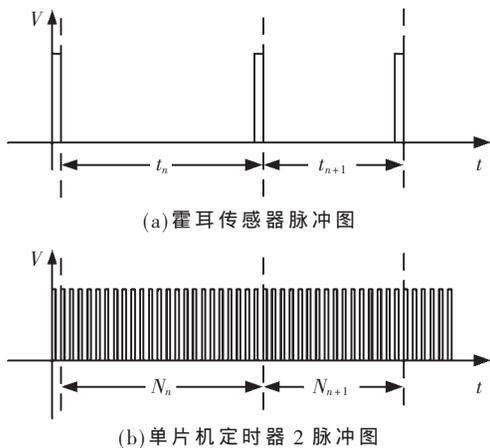


图 1 周期测量原理图

该方法测量出的转速变化只是在动力端转动一周便能反应出转速的变化,如果增加动力端输入轴上磁钢的数量,还能够更快地反应冲数的变化情况。

单片机定时计数器工作原理如图 2 所示,51 单片机的定时器/计数器 2 有三种工作模式:捕获、自动重新装载(递增或递减计数)和波特率发生器^[2]。自动新装载模式用于正反向计数时递增计数和递减计数,波特率发生器用于串行通信。周期测量采用捕获方式来准确获取每个周期的准确时间。该方式使用内部的时钟周期来测量外部脉冲的周期^[3],如图 2 所示,当 C/T2=0 时,使用内部晶体通过分频器来的时钟脉冲信号,TR2=1 时,将自动对 OSC 来的时钟脉冲进行计数,当 EX-EN2=1 时,且 T2EX 引脚上出现负跳变而引起捕获或重装时置位^[3],这样,T2EX 上的负跳变就可以用于硬件计数器 T2 的同步控制信号,在负跳变同步控制信号作用下,将 TL2 和 TH2 中的瞬时刻数值就传送到 RCAP2L 和 RCAP2H 中,读取 RCAP2 中的值将能够得到脉冲下降沿的计数值。由于读取的是 RCAP2 中的计数值,因此将不会受 TL2 和 TH2 寄存器中值的变化而使读出的数据差异较大。

由于单片机的 OSC 是确定的,如果选择 OSC 的晶体为 12 MHz,经 12 分频后,送到定时器中的脉冲频率

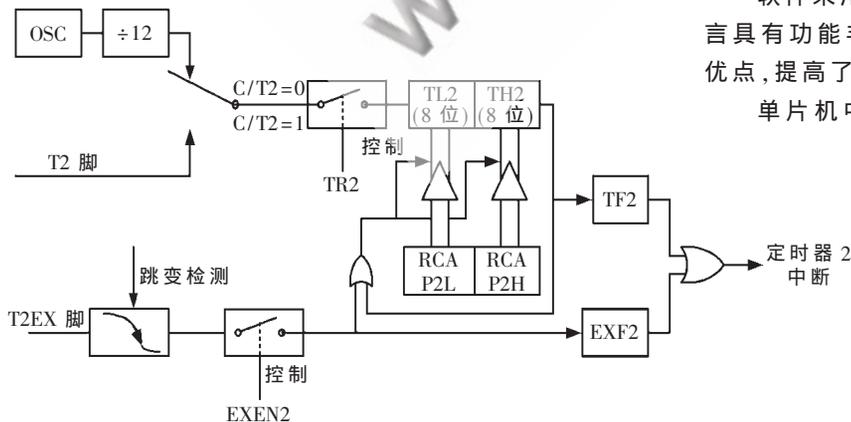


图 2 定时器自动重装模式

为 1 MHz,其周期为 1 μ s,式(1)中的 $t_0=1 \mu$ s。

钻井泵的额定冲数为 120 冲,实验中钻井泵的减速比为 4.16:1,其动力端的转速约为 500 r/min,霍尔传感器检测到的脉冲周期约为 0.12 s,每个周期的 T2 的计数值约为 120 000 个,计数周期的误差为 ± 1 个脉冲,相应的计时误差最大为 2 μ s,其计数误差所引起的转速变化可以忽略不计。

2 脉冲测量硬件电路

脉冲测量硬件电路如图 3 所示,霍尔传感器 H1 为 NPN 型,其“+”接 24 V 电源,“-”接 GND 地,“输出”接发光二极管 L1,TL521 光电耦合器与单片机的 P1.1/T2EX 脚相连。发光二极管 L1 作为霍尔传感器脉冲信号的指示灯,当磁钢片通过霍尔传感器检测端时,霍尔传感器便输出低电平,发光二极管 L1 点亮,P1.1/T2EX 脚也由低电平变为高电平;当磁钢通过霍尔传感器后,其输出信号断开,发光二极管 L1 熄灭,在 P1.1/T2EX 上则为低电平,在该脚上的波形如图 1(a)所示。通过检测 P11 上的脉冲信号的周期,便能测量出钻井泵的冲数,由于动力端每转 1 周将在 P11 上产生 1 个脉冲周期,在采集到一个脉冲周期时,便可对转速进行计算,计算出的转速通过 8 字 LED 显示出来,还通过 RS485 通信接入钻井多参数测试系统。

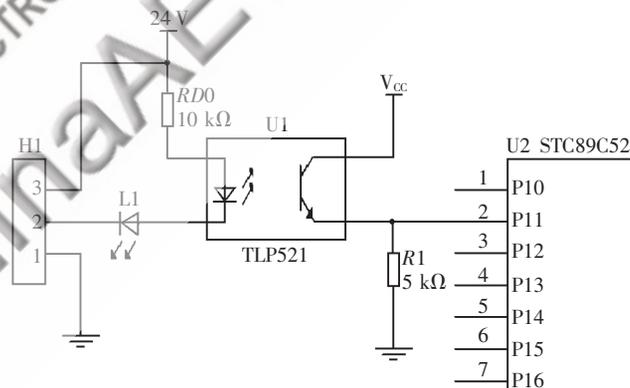


图 3 霍尔传感器脉冲测量硬件电路图

3 软件设计

软件采用 C 语言对单片机程序进行开发,由于 C 语言具有功能丰富的库函数、运算速度快、编译效率高等优点,提高了软件的开发速度。

单片机中断程序流程图如图 4 所示,在软件编写过程中,采用了定时/计数器 2 测量主轴脉冲周期的变化。由于定时/计数器 T2 为 16 bit,其最大计数值为 65 535,当计数器的值超过 65 535 时,这将使定时/计数器 T2 在计数中产生溢出中断,标志位 TF2 置 1,由软件清除。在测量中,检测 TF2 置位时计数值 $n+1$,当脉冲下降沿到来时,读取 RCAP2 中的计数值,脉冲数的值应该为: $n \times 65\ 536 + RACP2H \times 256 + RACP2L$ 。显

技术与方法 Technique and Method

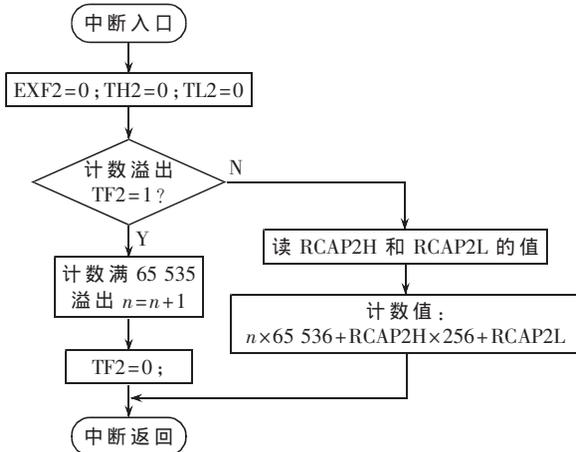


图4 钻井泵冲数测量中断程序流程图

示屏的刷新时间为 1 s, 只要钻井泵冲数在大于 15 冲/min 的情况下, 均能够实现每秒钟刷新一次转速的变化情况。钻井泵的工作冲数一般在 90 冲/min~130 冲/min, 完全能够满足其冲数测量要求, 通过 RS485 通信, 可以更快速地检测到转速的变化情况。

定时/计数器 2 周期测量的初始化程序如下:

```

void initT2(void)
{
    T2CON=0x0D; //初始化定时器 2
    T2MOD=0x00; //设置为加计数
    TH2=0; //TH 赋初值
    TL2=0;
    ET2=1; //T2 中断允许
    EA=1; //打开中断
}
  
```

中断程序如下:

```

void timer2() interrupt 5
{
    unsigned long ts;
    unsigned char n;
    TH2=0;
    TL2=0;
    EXF2=0; //软件清除外部标志
  }
  
```

```

if(TF2==0) //计数器未溢出,计算周期的时间长度
{
    ts=65 536×n+RCAP2H×256+RCAP2L;
    //冲数的脉冲周期的计数值,如果时钟为 12 MHz,
    该值除以 1 000 000,便为时间值秒,冲数则为时间的倒数。
    n=0;
}
else //计数器溢出
{
    n++;
    TF2=0;
}
  
```

采用定时器/计数器 2 实现变周期方式来测量钻井泵冲数的方法已经成功应用在中国二重集团公司的钻井泵性能测试平台上, 冲数测量准确可靠, 能够及时反映出钻井泵的冲数的变化, 提高了钻井泵的工作性能。采用变周期法测量转速, 可以及时检测到钻井泵冲数的变化, 测量周期短。应用到钻井现场, 可及时反映出钻井过程中钻进工况的变化情况, 提高了钻井工程的安全性。

参考文献

- [1] 周明高, 李相方, 隋秀香, 等. 钻井泵工况实时监测新方法[J]. 中国海上油气(工程), 2002(10): 25-27.
- [2] 宏晶公司. STC89C51RC/RD+系列单片机器件手册[M]. 2009: 67-77.
- [3] 马忠梅, 马岩, 张凯, 等. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1997: 113-122.

(收稿日期: 2010-07-22)

作者简介:

吕治忠, 男, 1970 年生, 讲师, 主要研究方向: 石油机械、机电一体化。

朱克军, 男, 1970 年生, 工程师, 主要研究方向: 石油机械及其管理。

钟功祥, 男, 1962 年生, 硕士, 在读博士研究生, 主要研究方向: 石油机械工程。