

基于 LabVIEW 大钩高程监控系统设计与应用

罗光强¹, 胡郁乐²

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:为保障钻井工作科学有效进行, 研究了一套基于 LabVIEW 大钩高程监控系统。该系统能准确测量大钩高程, 实时显示孔深、大钩高程、机上余尺、机械钻速和钻具长度等参数。大钩移动过程中可以实现参数超限自动声光报警功能, 防止游动滑车上升时与天车撞顶事故发生, 并能显示大钩与二层台的相对位置, 便于挂卸提引器。在天车的定滑轮上安装磁钢, 大钩移动时, 与磁钢对应位置的双通道霍尔传感器产生脉冲信号, 经过数显表微处理转换, 再通过 RS485 串口通信连接 PC 机, 利用 LabVIEW 平台实现数据的采集、分析、显示和存储等工作。实践证明, 该系统安装简便, 测试精度高, 实用性强, 可广泛应用于立轴钻机、转盘钻机、全液压钻机等不同类型钻机。

关键词: 大钩高程; 监控系统; 钻参仪; 科学钻探; LabVIEW

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)05-0053-04

Design and Application of Hook Position Monitoring System Based on Labview/LUO Guang-qiang¹, HU Yu-le² (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: To ensure the scientific and effective drilling operation, a hook position monitoring system is designed based on LabVIEW. It can measure the hook position, provide real time display of hole depth, remanent distance of drilling rig, penetration rate and drill length. Meanwhile, a double channel hall sensors is installed on the crown block to detect the pulse signals, through the transformation of micro programming conversion by the digital display meter, serial port communication connecting PC and Labview platform, the data acquisition, analysis, presentation and storage are realized. The practice proves that this system has the advantages of convenient installation, high test precision and strong practicability and can be widely applied to the vertical drilling machine, rotary drilling rig and hydraulic drilling rig.

Key words: hook position; monitoring system; drilling parameter monitor; scientific drilling; LabVIEW

1 问题的提出

岩心钻探是固体矿产勘察不可缺少的技术手段^[1]。在钻探过程中, 对钻进参数的实时检测和监控非常重要, 这是进行科学有效打钻的基础。在这些钻进参数之中, 大钩高程是非常重要且实用的参数。大钩高程即大钩位置, 根据大钩高程可以准确计算出孔深、机上余尺和钻具长度, 并且可以进行防撞顶天车报警和判断大钩与二层台之间的相对位置。孔深是钻井最重要的参数, 机上余尺是实时了解钻井进尺的直接指标, 也是钻探原始班报表中最重要的部分之一^[2]。钻具长度、回次进尺、机械钻速和回次钻速等参数的计算与大钩高程直接相关。

目前, 国内外对大钩高程测量方法的研究比较多, 但是测量方法大都存在缺陷, 测量计算需要复杂的逻辑判断, 并且计算过程繁琐, 测量精度不高, 监控系统的软件复杂, 可操作性不强。例如通过在绞车上安装传感器-光学编码器来测量大钩高度这种

方法, 是通过绞车上钢丝绳的长度变化来确定大钩移动距离的^[3]。由于绞车上钢丝绳的层数不同, 要经过复杂的计算, 才能得出大钩移动距离。这种测量方法不仅需要硬件设备, 还需要将软件编程, 每次测量过程中都有逻辑判断, 并且需要定期校核, 在实际测量中极不方便。另外, 钻井过程中, 钻井工人经常爬上钻机, 人工测量机上余尺, 特别是目前钻深比较大的岩心钻机 XY-8 或者 XY-9 钻机的机高较高, 人工测量既不方便, 不安全, 又耽误工时^[4]。因此, 准确实用并且自动测量大钩高程显得尤为重要。

2 总体设计

2.1 大钩高程检测原理

该系统是通过测量钢丝绳长度变化间接确定大钩高程的。如图 1 所示, 大钩在移动的过程中, 天车上的定滑轮会随之转动, 通过传感器测量定滑轮的转角, 进而计算出钢丝绳下放或者上提的长度值, 就

收稿日期: 2013-11-28

基金项目: 本文为深部探测技术与实验研究专项“大陆科学钻探选址与科学钻探实验”(SinoProbe-05)和科技部科技支撑计划专项“汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)”资助的成果

作者简介: 罗光强(1988-), 男(汉族), 四川广安人, 中国地质科学院探矿工艺研究所, 地质工程专业, 硕士, 从事科学钻探、钻井仪器仪表测试和控制工作, 四川省成都市郫县现代工业港(北区)港华路 139 号, luodida@gmail.com。

可以确定大钩的位置了。与以往的测量方法不同的是,穿过定滑轮的钢丝绳只有一股,不会像绞车上的钢丝绳卷绕直径会发生变化,因而不需要考虑钢丝绳卷绕的层数,不需要进行逻辑判断,就可以很准确地测量钢丝绳长度变化值。

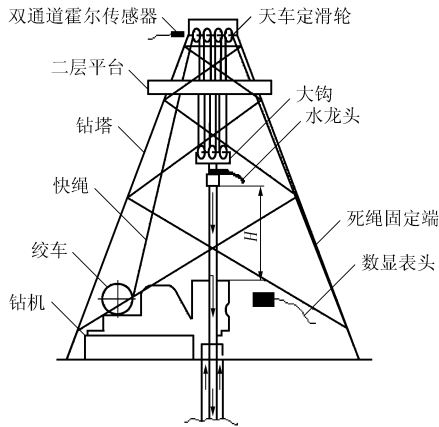


图1 大钩高程检测原理示意图

测量大钩高程最实用的用途之一就是实时显示机上余尺和钻孔深度,以便钻井工人及时获得钻进进尺的参数,进行科学打钻^[5]。如图1所示,图中 H 即代表机上余尺。根据机上余尺的定义,机上余尺的公式为^[6]:

$$H = L - h - L_{\text{孔}} \quad (1)$$

式中: H ——机上余尺; L ——钻具总长; h ——机高; $L_{\text{孔}}$ ——孔深。

钻机正常钻进时,机上余尺就是大钩高程。大钩高程零参考点也是机上余尺的零参考点。由式(1)知,只要能准确测量机上余尺,就能快速、准确地得到孔深值。在钻进的过程中,只要确定了大钩的位置,很容易便能计算出机上余尺和相关参数。

2.2 系统结构设计

由于该监控系统需要测量天车上定滑轮的转角,因而必须将传感器安装于天车上,然后通过数据线传输下来,将信号传输给数显表,通过数显表和LabVIEW软件平台将处理过的信号显示出来。

如图2所示,在天车定滑轮的侧面安装磁钢,将双通道霍尔传感器固定在对应位置,与磁钢的最近距离为5~7 mm。大钩上提或者下放时,定滑轮转动,当磁钢从双通道霍尔传感器端部经过时,双通道霍尔传感器便产生脉冲信号。脉冲信号通过数据线传输给数显表头,数显表头经过信号处理后直接显示,同时可以将处理后的信号通过RS485串口通信传输给PC机,利用LabVIEW平台实现数据的采集、分析、显示和存储等工作。以钻机立轴外壳的上平面

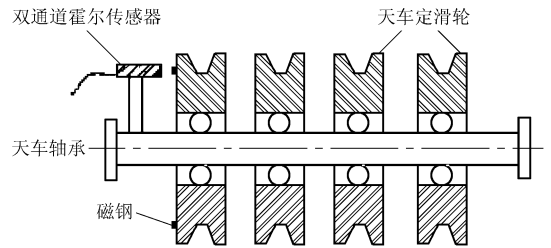


图2 大钩高程检测传感器安装示意图

为基准面,可测得大钩与基准面的相对距离,即机上余尺,直接通过数显表头显示大钩高程。机上余尺的计算公式为:

$$H = l/N = 2\pi r(n_1 - n_2)/N \quad (2)$$

式中: H ——大钩行走距离,m; l ——钢丝绳行走距离,m; N ——动滑车上钢丝绳数; r ——天车定滑轮半径,现场测量为200 mm; n_1 ——天车定滑轮顺时针旋转圈数; n_2 ——天车定滑轮逆时针旋转圈数。

如图1所示,定滑轮最左端钢丝绳连接主卷扬端,定滑轮最右段钢丝绳连接死绳端。当大钩以速度 v 匀速向下移动时,定滑轮从左到右的转动线速度分别为 $6v$ 、 $4v$ 、 $2v$ 、 0 ,即大钩每行走距离 L ,定滑轮处钢丝绳行走距离分别为 $6L$ 、 $4L$ 、 $2L$ 、 0 。将最左边快绳端钢丝绳行走距离除以6即为大钩行走距离,由此可见,将传感器安装于快绳端测量精度最高。如图2所示,将双通道霍尔传感器安装于最左侧。

考虑到测量精度和现场安装环境,在左侧定滑轮侧面呈 120° 安装3个磁钢,即霍尔开关每接受3个脉冲信号,表示滑轮转动一圈。所以机上余尺的公式为:

$$H = \frac{l}{6} = \frac{2\pi r(u_1 - u_2)/3}{6} = \frac{\pi r(u_1 - u_2)}{9} \quad (3)$$

式中: u_1 ——霍尔传感器接收的顺时针脉冲信号; u_2 ——霍尔传感器接收的逆时针脉冲信号。

由于天车定滑轮的半径和钢丝绳数为固定值,只需检测霍尔传感器接收的逆时针和顺时针脉冲信号就可以得出机上余尺,从而得出大钩的高程,再根据式(1)计算孔深。

2.3 数据采集系统

2.3.1 数据采集系统原理

数据采集系统是由双通道霍尔传感器、磁钢、智能计数/计米数显表头、RS485串口通信和LabVIEW软件平台组成。天车定滑轮上的磁钢使双通道霍尔传感器产生脉冲信号,以模拟信号输出,再传入智能计数/计米数显表头;经过A/D转换变成数字信号,设置数显表参数之后,可以直接显示大钩高

程;再通过 RS485 串口与工控机通讯,将信号传入电脑通过 LabVIEW 平台实现数据的采集、分析、显示和存储等工作^[7]。

双通道霍尔传感器使用于该数据采集系统具有诸多优点。大钩在上下行走时,双通道霍尔传感器对天车定滑轮会有正反转的判断,并对所测得的数据进行加减。双通道霍尔传感器是电感式接近开关,它由振荡器、开关电路及放大输出电路 3 部分组成,无需与运动部件接触即可进行测量。当物体接近开关的感应面到动作距离时,不需要机械接触及施加任何压力即可使开关工作,输出脉冲信号。接近开关动作可靠,性能稳定,频率响应快,应用寿命长,抗干扰能力强,并具有防水、防震、耐腐蚀等特点。另外,通过数显表头上的两路参数报警,增加两个蜂鸣器,设置一个参数到达报警,一个参数超限报警。一路二层台到位报信报警;一路大钩运行位置超过报警值,即大钩将要撞顶天车或碰触机台时,数

显表的蜂鸣器可以及时报警,提醒钻井工人进行相应的安全操作。

2.3.2 LabVIEW 软件编程设计^[8]

LabVIEW 是由美国国家仪器公司开发的软件产品,也是目前应用广泛、功能强大的图形化软件集成开发环境。它采用图形化编程语言——G 语言进行编程。LabVIEW 平台编程包括前面板和程序框图,有数据读取、数据处理、数据显示、数据存储和回放。通过 RS485 串口与数显表头通信,读取数据,再经过一定的转换和计算得到大钩高程的值,在前面板显示。同时将采集到的数据保存在 Excel 表内,便于数据回放和数据的二次开发。

该系统根据参数设计可以判断钻机工况,当钻机正常钻进时,大钩高程就是机上余尺;当钻机停钻时,机上余尺不再变化,可以显示大钩的位置,并能判断大钩相对二层台的位置,LabVIEW 软件检测原理如图 3 所示。

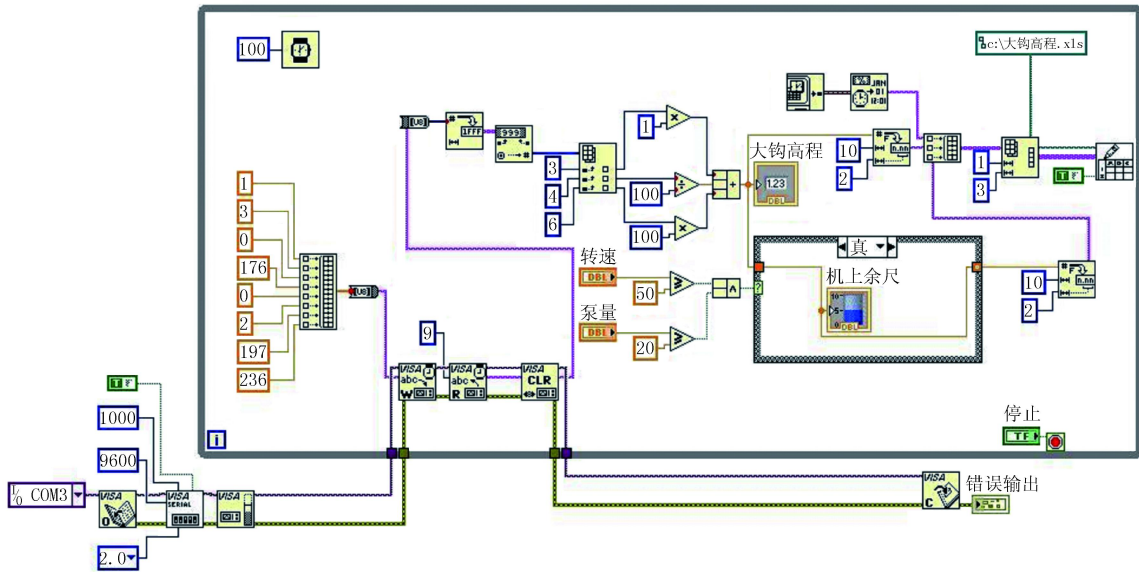


图 3 LabVIEW 检测编程原理图

3 系统功能

在实际钻井过程中,大钩高程监控系统可以解决诸多问题,具有很强的实用性。该系统具有以下功能。

(1) 正常钻进时,该系统可以测量钻机的机上余尺或者方钻杆余尺,并能实时显示钻孔深度。

(2) 当大钩到达二层台位置时,钻探工人记下大钩高程的值,在每次提下钻,加减钻杆时,司钻人员无需抬头,只需看大钩高程到达该数值附近时,提引器就位于二层台操作区域,二层台上的钻井工人

即可挂卸提引器。这样,既减轻了司钻人员劳动强度,又降低了事故发生率。

(3) 该系统可以规定大钩行走的正常范围,当大钩超出允许高度时,系统会及时报警,提醒司钻进行减速与刹车。大钩高程数据可实时显示,通过参数超限自动报警系统能迅速刹车制动,以达到安全可靠的目的。

(4) LabVIEW 软件平台可以实时显示相关参数,还可以实现数据的自动 Excel 存储和回放并能进行参数录入和修改。

4 现场试验

大钩高程监控系统多次应用于不同地区的钻井现场,并且安装于不同类型的钻探设备上,都能正常运行。2010年10月将该系统应用于山东莱州“中国岩金勘察第一深钻”4000 m 科研深钻,2011年5月将该系统应用于西藏罗布莎 2500 m 科学钻孔,2012年3月将该系统应用于甘肃金川深部探测 JCSD-1 钻孔,2012年4月将该系统应用于云南腾冲科学钻孔,均取得了良好的应用效果。经过多次现场实验和反复改进,该系统也逐步完善。如图4所示,大钩高程监控系统测量数据结果与人工测量的机上余尺极其吻合,而在主卷扬上测量的结果却与实际结果相差较大,可以很明显的看出大钩高程监控系统准确性更好,可靠性高。



图4 大钩高程监控系统主界面

综合考虑钻机平台实际的需要,将该大钩高程监控系统数显表头设置的是小数点点后两位数,使数据精确到厘米。在一些高精度要求场合,可以精确到小数点后五位数。下面对比金川科钻钻井平台不同测量方法的数据变化曲线(如图5所示)。

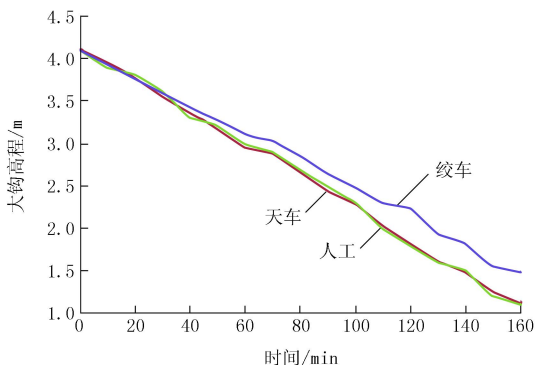


图5 大钩高程不同测量方法数据对比图

图5中有3条曲线,在天车安装传感器的测量方法与人工测量的数据极其吻合,说明该方法测量准确度高;人工测量方法只能精确到分米,精度较

低,且测量不方便,测量的数据少,不能实时显示;在绞车位置安装传感器,回次钻进初期数据比较吻合,随着进尺增加,误差逐渐增大,也就是卷扬钢丝绳不同的层数,导致误差变大,特别是提下钻大钩高程反复几个来回之后,大钩高程的误差能达到几米,需要经常校正,现场实用性不强。综上所述,该大钩高程监控系统测量精度高。

5 结论

大钩高程监控系统已经多次应用于不同的钻井平台。实践证明,该装置安装简便,测试精度高,不需要复杂的逻辑判断,现场实用性强。

(1)直接测量大钩高程,根据大钩高程可以准确计算出孔深、机上余尺和钻具长度,并且实时显示相关参数。

(2)根据钻塔结构,对大钩移动距离设置界限值,实现参数超限自动报警功能,防止游动滑车上升时与天车撞顶事故,提醒司钻及时减速和刹车。

(3)基于 LabVIEW 虚拟仪器软件平台实现大钩高程的监控,可以很方便地实现数据的采集、分析、显示和存储等,安全经济高效。

(4)在每次提下钻时,司钻人员无需抬头,只需看大钩位于二层台操作区域高度值附近时就可及时刹车,二层台上的钻井工人即可挂卸提引器。这样,既减轻了司钻人员劳动强度,又降低了事故发生率。

(5)可以方便应用于立轴式钻机、转盘钻机、全液压钻机等不同类型的钻机,易于安装,维护简单,适用范围广。

参考文献:

- [1] 汤凤林, A. Γ. 加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2009. 3-30.
- [2] 胡郁乐, 张晓西, 张恒春, 等. 科学深钻岩心钻探钻进参数随钻检测与监控系统研究[J]. 工程地球物理学报, 2011, 8(1): 121-124.
- [3] 夏阳, 胡郁乐, 张恒春. 科学深钻立轴式钻机机上余尺检测方法研究[J]. 工程地球物理学报, 2010, 7(6): 719-722.
- [4] 宋建平, 李华贵, 杜镰. 钻机防碰天车和大钩载荷微机监控系统设计[J]. 石油机械, 1996, 24(9): 5-9.
- [5] 胡郁乐, 王元汉, 乌效鸣. 大陆科学深钻井下参数测试系统研究[J]. 石油钻采工艺, 2004, 26(3): 10-13.
- [6] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 70-95.
- [7] 钱显毅. 传感器原理与检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011. 17-45.
- [8] 林静, 林振宇, 郑福仁. LabVIEW 虚拟仪器程序设计从入门到精通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010. 1-33.
- [9] 毛玉蓉, 翁惠辉. 岩芯渗透率测试仪的数据采集及控制系统设计[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(4): 571-574.