

矿用本安型泥浆脉冲随钻测量系统的研究

栗宗明 包军强 史 姍 王保根 杨 景
陕西太合智能钻探有限公司 陕西 西安 710086

摘要: 由于时代的进步, 针对目前煤矿井下有线随钻测量设备信息传递需要依靠通缆专用钻具而无法使用传统钻具的技术局限, 采用泥浆脉冲无线传输技术, 以钻具的内环位置作为信息传递途径, 采用了孔内轨迹数据检测、泥浆脉冲载波信息传递、间歇作业方式设置和管理、孔内信息收集及解调管理等技术工作。该文中首次阐述了无线随钻测量系统的基础部分, 包括了井下测量系统、地面通信系统, 还开发了采用泥浆脉冲的矿用本安型随钻测量设备。以及实验结果: 矿用本安型泥浆脉冲随钻测量装置信号幅度大、传递距离远、工作持续时间长、工作稳定性较强。其中, 矿用的本安型泥浆脉冲随钻测量仪器具备了工艺成熟度较好、不受现场影响的优点, 且使用范围广泛, 在装置应用过程中基本不受钻杆影响, 不仅能增加钻孔深度, 同时还能够帮助司钻员及时指明打钻路径、规避不必要路线, 从而逐步扩大了定向钻领域, 有着巨大的推广应用价值。

关键词: 泥浆脉冲; 测量系统; 矿用本安型

1 泥浆脉冲随钻测量系统的工作原理

1.1 泥浆脉冲随钻测量探管的原理

在泥浆脉冲随钻测量设备中, 关键器件之一就是脉冲发生器。以正脉冲信号发生器为例, 我们可以把泥浆脉冲随钻测量探管安装到泥浆管道中, 在脉冲发生器的前部, 还有一种可以由电磁铁操作的节流阀。利用事先设置的序列, 接到控制指令后的电磁阀, 就可以调整节流阀的开闭情况及其开启范围, 这就调整了主阀阀头和后面的限流环间的循环液流通面积, 而循环液压力也会因此产生相应改变, 从而使在管道内产生了一定的正压力脉冲值^[1]。以水或泥浆为媒介, 通过压力变化的方式将信息反馈给泵车管线处的压力传感器, 压力传感器感触到压力变化信息, 在利用计算机对这些信息进行了过滤、去噪、放大等各种数据处理过程之后, 再通过电脑中设置的解码程序, 将压力信息再次转换为数字信号, 这样就可以真实呈现随钻过程中所测量的轨迹数据。

1.2 定向钻进的原理

定向钻孔控制系统主要由孔内马达、无磁钻杆、测量设备、钻杆、水尾和孔外电脑等组成。基本工作原理是: 由泵车输送高压水流, 经由钻杆传递至孔内螺杆马达。孔中螺杆马达的内部转动机构在高压水流的冲击下旋转, 并利用前端驱动轴推动钻头转动打钻, 以实现破煤的目的。在钻孔过程中, 由于钻杆本身并不转动, 因此主要起推动作用。孔内马达钻头转动而钻具不转动, 从而降低了钻杆与孔壁之间的附着力, 也因此有效的减轻了对钻机的负荷^[2]。钻孔内马达的弯头也是一项关键技术, 它在与钻具相连之后也将产生相应的弯度, 因为

弯头的作用, 钻机的运动轨迹也就不再将传统钻机打直, 而是一个偏向弯接头方向的空间曲线。有线随钻测量设备将所测信号, 包括(倾角、方位角、工具面向角)等信号, 以电信号的形态经由钻杆内芯传送至孔外计算机, 再利用电脑分析数据以获取实时的钻孔信号。而泥浆脉冲随钻测量系统正是使用了泥浆的压力变化为传送载体, 打破了传统电信号的禁锢, 从而拥有更大的灵敏度与易操控性。

2 泥浆脉冲随钻测量系统的结构组成

2.1 孔内测量

孔内测量设备是整个装置的重要部分, 是获得轨迹数据的基础设备。该探管将检测姿态传感器、控制线路、脉冲发生器、动力供给系统等集中在一起, 工作时将检测设备(泥浆脉冲探管)安装到无磁钻具中, 然后在打钻过程中, 能够通过探管内部磁通门传感器实时获取方位角、倾角、工具面等参数。信号处理板将这些数据按照特定的规则, 把各种信号统一转化为编码脉冲, 利用脉冲发生器, 通过改变钻杆内部循环泥浆压力的方式^[3]。

2.2 泥浆压力传感器

泥浆式压力感应器的前端结构是一个高精度薄膜的敏感元件, 与电子线路成为一体结构, 最大输出范围是4-20mA的电流信号, 很适合与矿用系统配套。材质结构是一个由高弹性的不锈钢材料层、低电阻材料覆层等复合结构构成的复合物。具有耐高/低的优良特点之外, 另外还具备了灵敏精确度高, 耐震动、抗冲击等优点。以泥浆为载体, 泥浆脉冲压力感应器当接受到有压力变化的脉冲信号后, 即进入计算机处理, 并把脉冲信号转换

为数字信号进而在电脑屏幕上显示。

2.3 计算机解码显示

以泥浆为媒介的无线数据传输方法，尽管可信度和稳定性较高，但是要达到数据处理的高精度要求，还是需要压力感应器所接受到的信息加以再处理^[4]。这就必须用到矿用隔爆兼本安型计算机的再次数据处理，具体如下：首先是进行信息转换。计算机无法直接识别泥浆压力变化信息，所以当压力传感器收到该信息后要将它转换为范围从4-20mA的电流信息。接着将电流信息经过带屏蔽丝网的双绞线，数据传输在电脑内进行解码编译，可以实现由电流信息向电压信号的转化，可以得到范围从1-10V左右的电压信号。接着将电压信号做过滤、除噪处理，所得电压信号还要经过功率放大实现信号放大。最后，通过A/D转换器，将所得信号转换为数字信号，由电脑识别、显示。

3 泥浆脉冲随钻测量探管性能技术指标

3.1 矿用本安型泥浆脉冲随钻测量装置实物如图所示

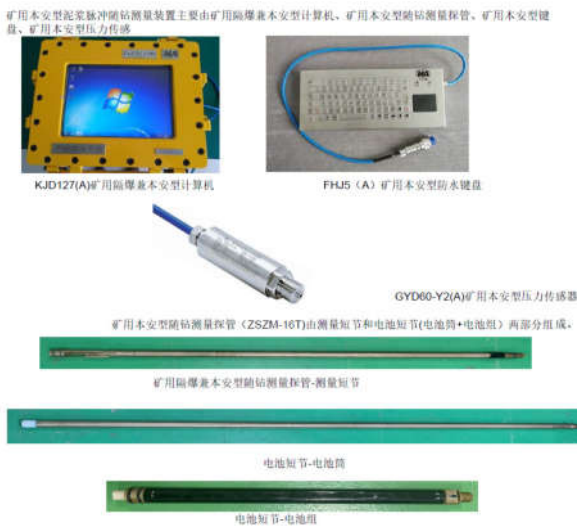


图1

3.2 技术指标

主要技术参数		指标
传输距离		3000m
工作温度		-40℃ ~ 75℃
电池组工作时间		200h
耐水压		100MPa
倾角	测量范围	-90° ~ 90°
	测量精度	± 0.1°
方位角	测量范围	0° ~ 360°
	测量精度	± 0.5°
工具面向角	测量范围	0° ~ 360°
	测量精度	± 1.0°

3.3 该装置技术特点

3.3.1 采用了泥浆的脉冲信息传输方式，以钻杆柱内的钻孔冲洗液为信息载体，以钻杆柱内的水力管道为信息传送途径，信号强度大、衰减范围小、传送距离远^[5]。

3.3.2 解除了对中心通缆型钻具的需求，并与各类普通钻具配合应用，减少了对钻具设计和密封方面的需求，大大提高了定向钻孔的钻具质量和孔中钻具稳定性。

3.3.3 适用于复合定向钻孔、滑动定向钻孔、常规回转钻机等的工艺方法，大大扩大了定向钻机的适合地层范围，并可完成对常规钻机位置的随钻测控。

3.3.4 脉冲发生器采用一体式设计，最小外径为40mm，在低排流量(不小于90L/min)、低泵压(不大于12Mpa)时可形成平稳的脉冲信号，以满足煤矿井下定向钻孔冲洗液的要求。

3.3.5 孔内仪表根据流量的变化规律，以间歇、低功耗模式工作，有效降低无效电能，从而延长了孔内的连续工作时间。

3.3.6 使用了特殊的本安集成电路设计技术，可以适应煤矿井下高爆炸性气体环境的应用条件^[6]。

4 使用与操作

4.1 装置设置与检查

装置使用前，首先必须检查孔口的隔爆兼本安型计算机、无磁性钻具、孔内仪器泥浆脉冲测量探管精度、外观、充电电池筒电量、泥浆泵等，以确保装置能安全正常作。检查设备完成设定后应进行仿真测试，以检验探管设备是否根据设置参数进行了数据传输工作。若反复检测三次，证明探管工作状况正常，仿真检测结果合格者，即可收回原仪表并配置好。

4.2 装置组装连接

4.2.1 孔口的接线方法。将防爆计算机固定在作业人员可看到的位置上，或将防爆计算机通过电源线直接到井下的防爆电气柜上。将压力传感器焊制三通接口与水辫牢固相连，并将压力传感器的装置口朝上面，最后将压力传感器装于焊制三通口处。然后正确地布设好压力传感器信号电缆，并将其通过与防爆计算机系统的数据连接口，联入防爆计算机系统中^[7]。

4.2.2 防爆测量探管组装。将探管与电池筒相连，并使之打紧。然后将已连接好的探管放入无磁外管，将测量用探管凸键紧密嵌入在无磁外管的键槽中。

4.3 装置使用

将孔中的无磁外管和内无磁、螺杆马达、钻头及钻杆等分别连接，完成工具面高边的修正。将所有钻具送入孔底。在进行钻进中，孔内探管根据马达转向和钻孔

轨迹的变化情况,实时传输改变的数据到计算机上,达到引导定向钻孔轨迹钻进的目的,从而实现了定向钻孔施工。

5 关键技术和创新点

5.1 信号稳定发生技术

煤矿井下经常面临着小泵流量、低泵压以及设备的限制等的特定情况时,为了实现泥浆脉冲信号稳定生成,人们提出了一体式的脉冲发生器系统设计方案,将脉冲信号稳定生成的模块全部安装于管内。一体式脉冲发生器与所有常用钻杆系统配套使用^[8]。

5.2 间歇工作模式设计与控制

由于涡轮电源的安全性不足,因此采用泥浆脉冲式无线随钻测量器的孔内仪器设计上使用电池筒供电,但为了提高孔内仪器使用时间,并增加电池筒的工作效率,因此设计上使用了间歇操作方法,并加以实际应用。

5.3 泥浆脉冲信号载波传输

把收集到的孔内工程数据采用泥浆脉冲的形式传送到孔口,传送过程中减少数据衰损,实现信息的真实有效传递成为设计中的亮点。

5.4 孔口信号接收与处理

通过钻杆柱内环空间上传泥浆正脉冲压力信号,利用孔口泥浆管线连接的压力传感器接收,并对压力传感器接收的泥浆脉冲波进行去噪、滤波、补偿增强、解码等措施^[9]。

5.5 紧凑结构防爆技术

采用了电源隔离、信号隔绝和机械部件隔爆等工艺,研制成了测量设备内各部分的紧凑型防爆框架,有效克服了孔内设备防爆问题,能适应煤矿井下工作条件的特殊要求;研制出矿用的大规格本质安全系列液晶显示屏、多路接口隔离电路板、恒压外部输出电源、隔爆面特殊处理技术,还研发了小型化防爆式数据采集装置,耗电量较少,可以在隔爆腔内平稳工作,可直接给泥浆脉冲式压力感应器供电,可即时收集检测数据。

创新点:①孔内探管、电池、脉冲发射器的连接通讯一体化防爆系统,实现孔内电子驱动和测量数据电子通讯的畅通。②孔外脉冲信号的特殊处理设备和程序,对得到的脉冲波进行去噪、滤波、补偿、有效识别等

处理。③孔外防爆解码设备的研发,实现对泥浆信号翻译,最终得到我们需要的测量数据^[10]。

结语

以上是泥浆脉冲随钻测量系统,从基本原理构造到实际工作的实践运用,各方面均显现出他的好处,因此泥浆脉冲随钻测量系统将会是今后矿用设备中必不可少的重要仪器。从长远的来看,随着类似于无线监测系统的各种矿用科技的进展,中国国内的瓦斯保护抽放科技水平将会有更进一步的提高,给国家能源的安全利用将会带来更多的保护,极大地提升了中国煤炭公司的市场竞争力。

参考文献

- [1]王鲜,李泉新,许超,等.顶板复杂岩层无线随钻测量复合定向钻进技术[J].煤矿安全,2019(09):94-97.
- [2]李泉新.矿用泥浆脉冲无线随钻测量装置研发及应用[J].煤田地质与勘探,2018(06):197-201.
- [3]张宁,宋志群,毕严成.MWD中泥浆脉冲信号的辨识和地面适配技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2016(12):2-3.
- [4]胡振阳,张甲迪,郝世俊,等.泥浆脉冲式随钻测量系统在高位定向孔中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(03):27-31.
- [5]蔡鹏飞,张斌.面向随钻测量的泥浆压力信号脉冲识别研究[J].成都信息工程大学学报,2019,034(04):380-383.
- [6]方俊,石智军,李泉新等.新型煤矿井下定向钻进有线随钻测量装置[J].工矿自动化,2015,41(8):
- [7]李泉新.煤矿井下复合定向钻进及配套泥浆脉冲无线随钻测量技术研究[D].北京煤炭科学研究总院2018
- [8]任海慧,李泉新,方俊.顶板高位定向钻孔无线随钻测量定向钻进技术及应用[J].煤矿安全,2018,49(9):110-113
- [9]江泽宇,谢洪波,文广超,等.煤矿井下电磁波无线随钻轨迹测量系统设计与应用[J].煤田地质与勘探,2017,45(3):156-161
- [10]代晨昱,燕斌,樊依林,等.基于定向钻进技术的随钻测量系统应用研究[J].能源与环保,2017,39(7):214-217