

随钻数据微存储器的设计和封装工艺

李继博*

中国石化石油工程技术研究院, 北京 102206

摘要: 随着地质精细描述和地质评价技术的发展, 传统的泥浆脉冲、电磁波等传输方式越来越不能够满足对高分辨率、大数据量随钻测量数据的需要。为实现井下大数据量的快速上传, 开发了一种通过井下释放大容量微存储器的方式实现随钻数据上传的新型传输技术。该项技术需要在地面将一定量的微存储器安装在井下释放短节储存舱内, 在钻井过程中将随钻测量数据实时写入微存储器中, 采用定时或者地面指令触发的方式将微存储器释放到环空中, 通过泥浆循环将微存储器带回地面, 并在地面上对随钻数据进行读取和分析。由于微存储器需要进行随钻释放, 因此需要承受井下的高温、高压、高振动等恶劣工况, 其封装工艺成为该项技术成败的一项关键技术, 本文对微存储器的结构和封装工艺进行了研究, 通过对封装完成后的微存储器进行测试证明其可以满足井下应用的要求。

关键词: 随钻测井; 射频标签; 泥浆循环; 环空; 存储

一、引言

在钻井过程中, 井底到地面的数据传输一直是制约随钻测量/测井技术应用的瓶颈。通常情况, 要了解井下情况, 需要在钻井完成以后进行电缆测井, 并且通过下放专门的电缆来完成信息的传递, 这种方式不适合在钻井过程中应用。为了能够把井下随钻测量信息快速传递到地面, 目前常用的传输方式有有线和无线两种传输方式, 无线传输方法主要有: 泥浆脉冲传输、电磁波传输和声波传输^[1-5]。有线传输则以智能钻柱为代表^[6], 但该方法由于技术难度大、成本高等原因, 投入生产服务的非常少。泥浆脉冲和电磁波传输目前存在的最大问题是传输速率低, 以泥浆脉冲为例, 目前应用于现场服务的产品有效传输速度一般在每秒几个比特, 不能够满足井下成像对大数据量的需要。通过井下释放大容量微存储器的方法进行随钻数据传输则能够有效解决该问题。

二、随钻数据微存储器井下释放传输系统

随钻数据微存储器井下释放传输系统(如图1所示)包含三项关键技术: 大容量微存储器的快速读写技术、高可靠的存储器井下释放技术和微存储器的设计和封装。大容量微存储器的快速读写技术实现井下MWD/LWD采集数据向微存储器中的快速写入, 高可靠的存储器井下释放技术实现微存储器向环空中的释放, 微存储器的设计和封装决定了其在井下复杂工况下能否正常工作。本文将对微存储器的设计和封装工艺进行详细介绍。

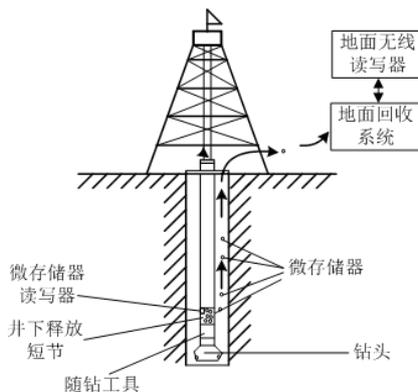


图1 随钻数据微存储器井下释放传输系统

*通讯作者: 李继博, 1981年, 男, 山东临沂人, 就职于中国石化石油工程技术研究院, 副研究员, 2004年毕业于西安石油大学工业设计专业, 2007年获西安石油大学机械电子工程专业硕士学位, 2012年获西北工业大学机械制造及其自动化专业博士学位。研究方向: 井下随钻测量工具设计及控制技术研究。

二、大容量快速读写微存储器

(一) 基于RFID技术的数据传输原理

近几年国外已经开展了RFID技术在井下数据传输方面的应用^[7-9]，通过对这些技术进行分析，设计了一种采用RFID技术的井下信息传输系统。

完整的低频RFID系统包括微存储器，读写器以及远端数据处理单元三个部分^[7]，其工作原理如图2所示。微存储器模块具有智能读写及加密通信的能力，包含天线、匹配网络、充电模块、传输算法模块、存储模块等。读写器由天线、无线匹配模块、读写器芯片和微处理器组成，通过调制的射频信号向微存储器模块发出请求信号，微存储器模块回答识别信息并进行数据信息的交换。

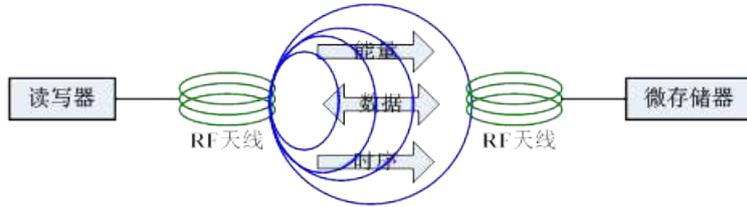


图2 RFID系统工作原理

(二) 无线充电大容量微存储器

由于随钻传输射频标签需要在井下高温、高压下工作，且要满足寿命、温度和重复利用等要求，为了解决这些问题，在电源设计时采用射频信号的无线充电技术。该技术源于无线电力输送技术，又称做感应充电、非接触式感应充电，是利用近场感应，由供电设备将能量传送到用电装置，该装置使用接收到的能量对电容充电，并同时供其自身使用。由于充电器与用电装置之间以电感耦合传送能量，两者之间不用电线连接，因此充电器及用电装置都可以做到无导电接点外露。图3和图4为无线充电技术的功能图和测试图。

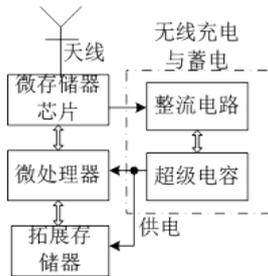


图3 无线充电大容量微存储器功能图

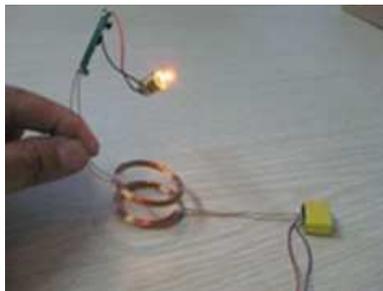


图4 大容量存储器的无线充电测试

三、微存储器封装工艺

(一) 微存储器的封装

如图5所示，传统的射频标签大多做成卡片的形式，卡片的大小主要由天线的尺寸决定。这种标签本身就具备无线充电能力，在工作时，首先通过无线方式将其充电，使其内部电路启动完成身份识别等功能。但是由于这些射频标签的存储量相对比较小、天线尺寸较大，不能直接应用到随钻传输上，因此需要对随钻传输微存储器进行扩展，同时缩小天线尺寸。这就需要对设计的微存储器新结构重新进行封装。

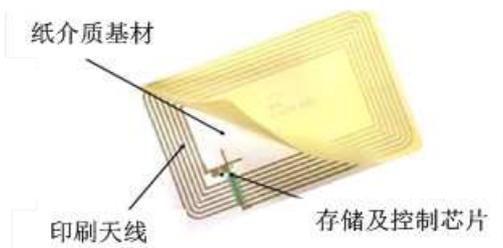


图5 传统的RFID射频卡

环氧树脂材料可作为电子元器件及PCB的保护层，并且具有耐冷热冲击、耐老化、耐腐蚀、耐振动等好处。采用环氧树脂材料对微存储器进行封装，使其具有耐高温、耐高压、质量轻和体积小等特点，满足微存储器在钻井井筒高温高压环境下的工作要求。微存储器的封装步骤如下。

1. 按照环氧树脂数据手册上的比例配好各个成分并均匀搅拌。
2. 在模具（图6）的一个半球内注入环氧树脂，然后将存储器电路板放入模具。



图6 存储器的封装模具

3. 在另一半模具中注入环氧树脂，然后将两半模具贴紧。
4. 将模具放入高温固化炉进行加热固化。
5. 微存储器封装成型，从模具中取出。

按照以上工艺封装完成的微存储器尺寸为15 mm，图7所示。



图7 封装完成的微存储器（15 mm）

（二）微存储器的压力测试

对封装完成的微存储器进行压力测试，测试其耐压性能。采用超声波打压仪Chandler 4265HT，如图8所示，将待测样品加压到70 MPa，稳压15分钟，卸压后对微存储器进行读写测试，5枚微存储器均可以正常读写数据。



图8 试验仪器及样品

通过对微存储器进行压力测试，表明其能够承受70 MPa的压力，证明其能够在井下高压环境中可以正常使用。

(三) 微存储器的现场应用测试

将微存储器植入井下释放短节中, 图9所示, 随钻铤一起下入井底进行钻井作业, 根据地面的释放指令进行微存储器的释放, 同时在地面进行微存储器的回收, 图10为地面回收到的微存储器, 经过读写测试, 微存储器工作正常。



图9 微存储器的现场应用测试



图10 回收到的微存储器

四、结论

本文对微存储器采用射频技术进行随钻数据传输的工作原理进行了介绍, 在此基础上给出了微存储器的封装工艺, 并进行了室内压力和现场应用测试, 测试结果表明本文设计的微存储器结构和封装工艺能够满足现场应用的需要。下一步, 研究重点将是进一步提高整个释放系统的可靠性。

参考文献:

- [1]刘修善,苏义脑.泥浆脉冲信号的传输速度研究[J].石油钻探技术, 2000,28(5):24-26.
- [2]刘新平,房军,金有海.随钻测井数据传输技术应用现状及展望[J].测井技术, 2008,32(3):249-253.
- [3]刘修善,候绪田,涂玉林,杨春国.电磁随钻测量技术现状及发展趋势[J].石油钻探技术, 2006,34(5):4-9.
- [4]朱军.钻井液连续压力波QPSK信号的构及沿定向井筒传输特性的研究[D].山东:中国石油大学(华东), 2010.
- [5]李超.基于钻柱的随钻数据声波传输技术的研究与开发[D].山东:中国石油大学(华东), 2010.
- [6]刘选朝,张绍槐.智能钻柱信息及电力传输系统的研究[J].石油钻探技术, 2006,34(5):10-13.
- [7]P.M.Sinder, Tom Doig. RFID Actuation of Self Powered Downhole Tools[C], SPE 2008.
- [8]Daniel Purkis. Switching Device for and a Method of Switching a Downhole Tool .美国,US20110248566[P], 2011.
- [9]Daniel Purkis. Apparatus and method for downhole communication.美国,US20120146806[P], 2012.