

文章编号: 1003-1480 (2022) 02-0074-03

油气井用水下超声通讯起爆系统设计与验证

俞海¹, 马涛², 李哲雨², 许君扬², 霍达², 陈政²

(1.大庆油田有限责任公司试油试采分公司, 黑龙江 大庆, 163412; 2.物华能源科技有限公司, 陕西 西安, 710061)

摘要: 基于管输射孔无线通讯起爆控制技术研究现状和存在问题, 提出一种新型油气井用水下超声通讯起爆控制的设计理念。设计智能遥传装置、枪头主控装置, 并模拟井下应用环境对设计的智能遥传装置、枪头主控装置进行性能测试。多次试验结果表明, 所设计的智能遥传装置、枪头主控装置能够完成水下通讯、控制、起爆等所预定的功能, 实现地面实时控制井下仪器并完成智能起爆。本研究为油气井用管输射孔无线通讯起爆控制技术提供一种新思路。

关键词: 起爆系统; 超声通讯; 油气井; 试验验证; 设计

中图分类号: TJ450.2 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2022.02.016

Design and Verification of Underwater Ultrasonic Communication Initiation System for Oil and Gas Wells

YU Hai¹, MA Tao², LI Zhe-yu², XU Jun-yang², HUO Da², CHEN Zheng²

(1. Well Testing Company, Daqing Oilfield Co. Ltd., Daqing, 163412; 2. Wuhua Energy Technology Co. Ltd., Xi'an, 710061)

Abstract: In view of the research status of wireless communication initiation control technology for tubing conveyed perforation and the existing problems of this technology, a design concept of a new underwater ultrasonic communication initiation control method for oil and gas wells was proposed. The intelligent remote transmission device and gun head main control device were designed, and simulation test was carried out by simulating the downhole application environment. Test results show that the designed intelligent remote transmission device and gun head main control device can complete the predetermined functions of underwater communication, control, as well as initiation, and realize the real-time control of downhole instruments and complete the function of intelligent initiation. The study provide a new idea for the wireless communication initiation control technology of tubing conveyed perforation for oil and gas wells.

Key words: Initiation system; Ultrasonic communication; Oil and gas well; Test verification; Design

管输射孔无线通讯起爆控制技术是利用油管及管内液体为通讯介质, 通过低频电磁场、声波无线传输等技术手段, 实现地面及井下信号传输。该技术可实现地面对井下射孔器材的实时控制, 从而实现油管传输射孔的智能化控制。其采用的低频电磁场无线通讯是利用空压机连接便携控制箱, 由便携控制箱控制气动震激器发出特定的震动信号, 通过油管将信号传递至井下。该技术最大传输距离为2000m, 地面需要较大的传输设备, 且需要在管柱中的某个位置加中

继, 存在成本高、效率低的问题^[1-2]。

针对以上技术缺陷, 本文设计了一套“地面控制仪器-电缆-信号传输仪器-射孔器电路控制”的低功率、通讯稳定的智能化水下超声通讯起爆系统, 并对其系统性能进行了模拟测试。

1 总体设计

系统主要包括地面PC机、地面控制仪、智能遥

收稿日期: 2021-08-03

作者简介: 俞海(1982-), 男, 高级工程师, 从事射孔完井技术研究。

传装置、枪头主控装置、枪间测控装置 5 个核心装置，如图 1 所示。其中，智能遥传装置与枪头主控装置之间为高温、高压、充满油水混合物的通讯环境，因此开发智能遥传装置、枪头主控装置，在复杂环境下实现其通讯的功能，是实现油气井用水下超声通讯起爆控制的关键。

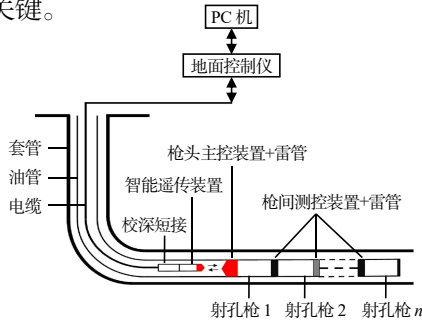


图 1 油气井用水下超声通讯方法设计理念简图

Fig.1 Design concept diagram of underwater ultrasonic communication method for oil and gas well

1.1 智能遥传装置设计

依据油气井用水下超声通讯方法工作原理，采用 1MHz 水下通讯换能技术设计智能遥传装置。该装置由水下换能器、开窗护管、传输线、阻磁接头、骨架壳体、线路板、线路板骨架组成^[3]，如图 2 所示。由电缆供电，并将信号传递给通讯信号隔离器与调制解调电路，超声通信电缆编解码电路与线通信收发驱动电路将信号处理后，由水下超声波换能器将信号传递给枪头主控装置。

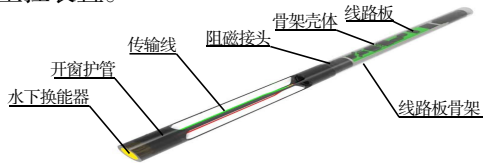


图 2 智能遥传装置结构图

Fig.2 Structure diagram of intelligent remote transmission device

1.2 枪头主控装置设计

利用水下通讯换能技术原理设计枪头主控装置，主要包括开窗护管、插针接头、本体和定向器，如图 3 所示。图 3 中开窗护管一端安装特种通讯装置，另一端与插针接头通过螺纹连接，插针接头另外一端与本体通过螺纹连接。开窗护管两端均有导电插针，2 个导电插针通过传输线连接，插针接头的内部装有绝缘筒，连接导电杆穿过弹簧和带有导电帽的绝缘帽后安装到绝缘筒内部并与导电插针接通，从而与导电插针进行信号传输。本体内安装有电池模块，电池模块

一端与连接导电杆接通，另一端接通安装电路的电路骨架，电路骨架放在本体内，电路骨架后方的本体内安装有可旋转的电机单元，电机单元的电机轴固定在定向器的定向孔中，定向器上装有测方位的传感器，本体后端安装有接箍^[4]。

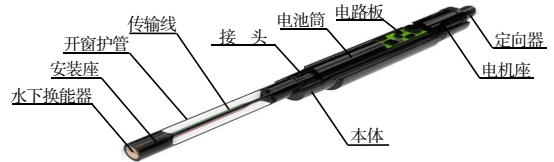


图 3 枪头主控装置结构图

Fig.3 Structure diagram of gun head main control device

1.3 水下超声通讯机理设计

水下超声通讯电路原理框图如图 4 所示，智能遥传装置接收地面的编码指令，智能遥传装置单片机发出 5V 编码指令，发送电路将 5V 电信号转换为 15V 电信号，并发送给信号发送模块，信号发送模块发出带编码特征的超声波信号至油水混合物中。在油水混合物中，超声波信号被传递到枪头主控装置的信号接收模块，并将超声波信号转换成 15V 电信号，15V 电信号传送到单片机并被处理成 5V 电信号，单片机进行解码根据信号指令完成规定动作，通过以上信号处理过程完成水下超声通讯。

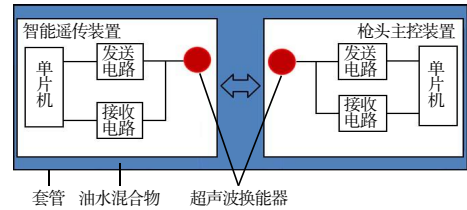


图 4 水下超声通讯电路原理

Fig.4 Principle of underwater ultrasonic communication

2 超声通讯试验验证

2.1 试验装置设计

模拟井下环境制作地面通讯试验装置，如图 5 所示。

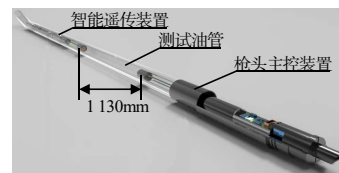


图 5 地面通讯试验装置

Fig.5 Ground communication test device

测试油管内灌满油水混合物，2 个装置之间的距

离为 1 130mm, 为 2 个信号发出/接收装置通讯距离。

2.2 试验过程与结果

2.2.1 上位机操作软件显示结果

通讯结果如图 6 所示, 通讯连接后, 软件检测到枪头主控装置和枪间测控装置, 对枪头主控装置设定初值 0° , 并进行控制信号调节, 电机完成指令; 对枪间测控装置设定初值 10° , 并完成控制信号调节^[5]。测试结果显示地面系统、智能遥传装置、枪头主控装置、枪间测控装置满足工艺设计要求。



图 6 软件测试结果

Fig.6 Software test results

2.2.2 输入与输出端示波器显示结果

如图 7 所示, 分别将示波器 1 连接在智能遥传装置控制电路与超声波换能器处, 示波器 2 连接在枪头主控装置控制电路与超声波换能器处, 图 7 中 A 点为控制信号输入端测试点, A₁ 点为控制信号输出端测试点, B 点为智能遥传装置处超声波信号测试点, B₁ 点为枪头主控装置处超声波信号测试点。

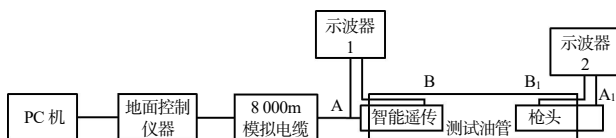
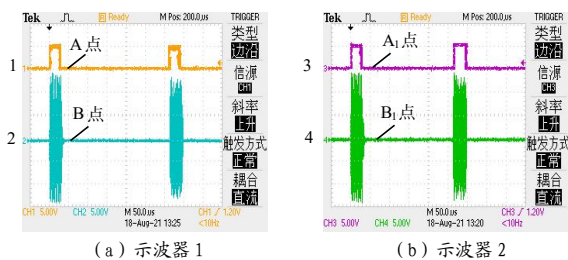


图 7 示波器连接位置

Fig.7 Connection position of oscilloscope

示波器 1 的测试结果如图 8 (a) 所示, 测试结果显示, A 点特征电压值为 5V, 带高电压特征的超声波信号 B 点电压值为 15V, 符合水下超声通讯原理信号转换过程。示波器 2 的测试结果如图 8 (b) 所示。



(a) 示波器 1

(b) 示波器 2

图 8 示波器测试结果
Fig.8 Test results of oscilloscope

图 8 (b) 测试结果显示, A₁ 点特征电压值为 5V, 带高电压特征的超声波信号 B₁ 点的电压值为 15V, 符合水下超声通讯原理信号转换过程。整体测试结果显示, 所设计的智能遥传装置和枪头主控装置满足水下无线通讯要求。

2.3 井下试验

设计井下超声通讯试验方案, 为了节省工期, 采用“电缆+磁定位+智能遥传装置+枪头主控装置+射孔枪”的管串结构, 其中智能遥传装置和枪头主控装置采用筛管连接, 实现井筒内部自动灌水, 在油井中进行超声通讯, 超声传输距离为 1.2m。试验结果满足油气井用水下超声通讯起爆控制方法的相关要求。

3 结论

本文设计了一种新型油井内的水下超声通讯起爆系统, 并模拟实际应用环境, 设计了一套地面模拟性能测试装置, 同时开展相应试验。经过多次地面与井下试验, 验证所设计的智能遥传装置、枪头主控装置能满足油气井水下通讯、控制、起爆等所预定的功能, 为油气井用管输射孔超声通讯起爆控制技术提供一种新思路。

参考文献:

- [1] 王伟佳. 注水井声学遥控系统关键技术研究[D].西安:西北工业大学,2011.
- [2] 周建清,郭中源,等.无线/水声通信浮标技术研究及其实现[J].应用声学,2012(11):445-448.
- [3] 王峰,杨伟,李静岑,马涛,等.精准全方位控制水下无线通讯遥传装置:CN,109057774A[P].2018-12-21.
- [4] 王峰,闵杰,马涛,等.精准全方位控制无线级联通讯枪头测控装置:CN,108798611A[P].2018-11-13.
- [5] 王峰,马涛,等.精准全方位控制无线级联通讯枪间测控装置:CN,108729889A[P].2018-11-02.
- [6] 靳建新.水声通信网络技术研究[J].现代导航,2012(4):123-124.
- [7] 王峰,马涛,等.一种油气井用枪间测控电路:CN,110989434A[P].2020-04-10.
- [8] 李哲雨,马涛,等.一种油气井用水下无线通讯电路:CN,110924939A[P].2020-03-27.