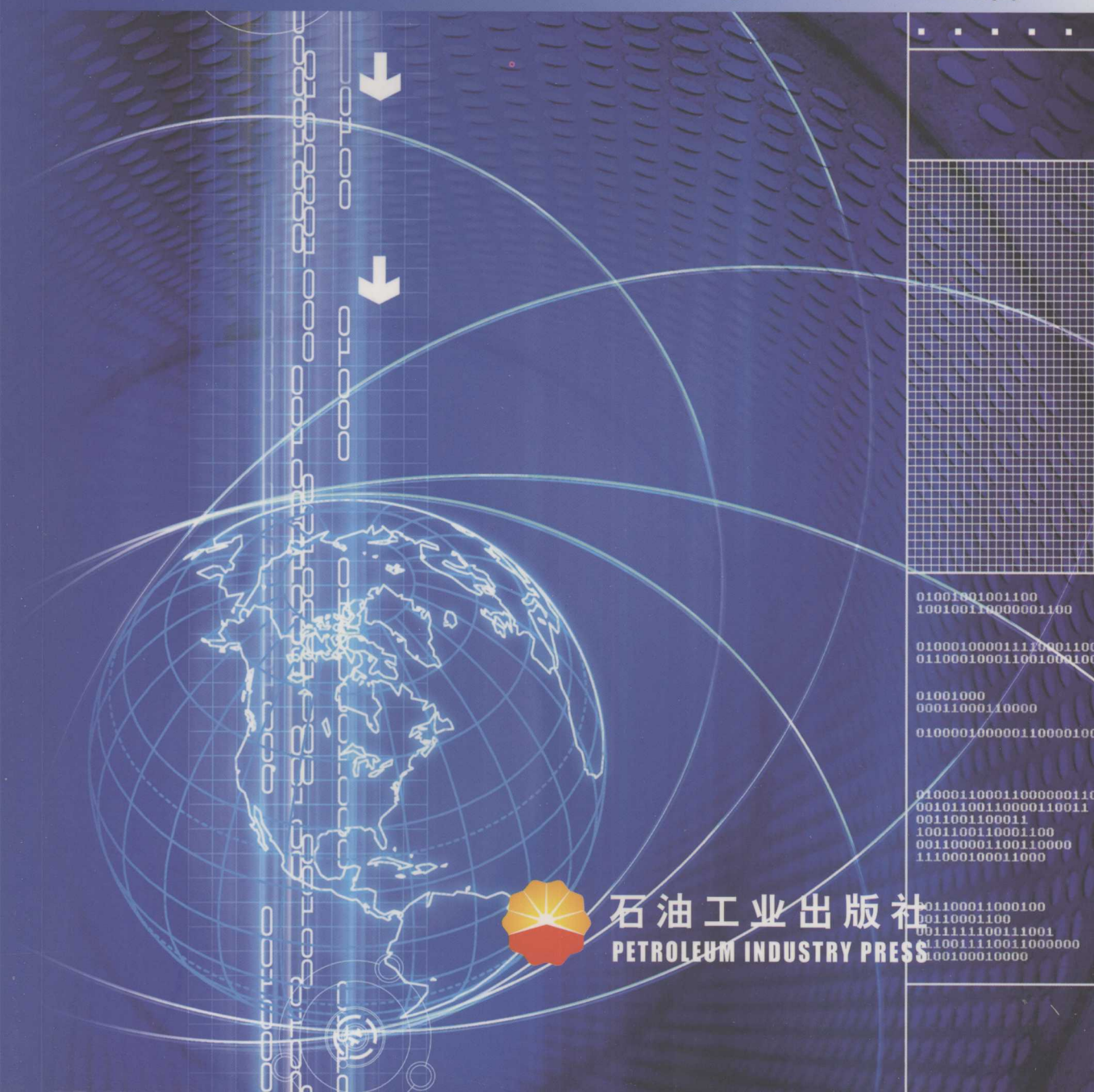


测井基础研究论文集

(2005)

李 宁 主编



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

内容提要

测井基础研究论文集

(2005)

李 宁 主编

图书在版编目(CIP)数据

测井基础研究论文集·2005/李宁主编.

北京:石油工业出版社,2005.12

ISBN 7-5021-5338-1

I. 测…

II. 李…

III. 测井—文集

IV. TE131-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第140523号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里3区1号 100011)

网 址: www.petrophub.cn

总 机: (010) 64562333 发行部: (010) 64510325

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2005年12月第1版 2005年12月第1次印刷

787×1092毫米 开本: 1/16 印张: 9.2

字数: 128千字 印数: 1-1000

定价: 38.00元

(如出现印装质量问题,本社负责调换)

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收录了由中国石油天然气集团公司测井重点实验室与北京地球物理学会共同主办的“2005 地球物理院士讲座暨测井基础研究论坛”的 17 篇优秀学术论文。论文的内容涉及测井基础方法、随钻测井仪器的研发、核磁测井处理解释方法研究、水平井产出剖面解释方法研究、新型电缆地层测试器 FCT 的开发和应用、虚拟仪器技术及其在测井中的应用等。

本书可供从事测井基础理论研究方面的学者和大专院校的研究生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

测井基础研究论文集·2005/李宁主编.

北京:石油工业出版社,2005.12

ISBN 7-5021-5338-1

I. 测…

II. 李…

III. 油气测井-文集

IV. TE151-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140553 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:9.5

字数:158 千字 印数:1-1000

定价:38.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《测井基础研究论文集》

编 委 会

主 编：李 宁

副主编：孙宝佃 鞠晓东

编 委：刘凤惠 周灿灿 乔德新 范宜仁 郭海敏

杜环虹 陶 果 孙建孟

《论文集》前言

会 委 员

由中国石油天然气集团公司测井重点实验室与北京地球物理学会共同主办的“2005 地球物理院士讲座暨测井基础研究论坛”于 2005 年 9 月 24—26 日在北京召开。我国著名地质专家翟光明院士、著名天然气专家戴金星院士和著名钻井工程技术专家苏义脑院士以及来自 12 个科研单位及院校的 50 余名专家出席了会议。

会议由中国石油天然气集团公司高级技术专家、北京地球物理学会理事长李宁教授主持，测井重点实验室学术委员会主任陆大卫和北京地球物理学会副理事长冉伟彦分别致词。翟光明院士作了关于“世界油气勘探形势及我国油气勘探思路”的重要报告，戴金星院士作了关于“国内外天然气勘探的进展和天然气成因”的精彩演讲，苏义脑院士作了关于“井下随钻测量控制技术的最新进展”的技术报告。

本次会议论文内容涉及测井基础方法、随钻测井仪器的研发、核磁共振测井处理解释方法研究、水平井产出剖面解释方法研究、新型电缆地层测试器 FCT 的开发和应用、虚拟仪器技术及其在测井中的应用等最新成果。其中，中国石油天然气集团公司高级技术专家、西安石油勘探仪器总厂厂长助理李安宗的“MWD 及地质导向系统的研制与应用”是特邀报告。中国石油大学（北京）的“岩石电性物理实验的数值模拟”和中国石油集团科学技术研究院测井遥感所的“核磁共振定量表征储层孔隙结构的方法研究”两篇论文受到了与会专家的一致肯定。会议还特邀专家刘凤惠进行了针对性评述，对实验室今后工作提出了看法和希望。最后，测井重点实验室常务副主任、中国石油集团测井有限公司技术中心孙宝佃总工程师对会议进行了总结并汇报了近期实验室的工作。

本次会议是一次高水平、高级别的学术交流会，三位院士充分肯定了测井在油气勘探中所发挥的重要作用，并指出了勘探新形势下测井工作的重点。与会专家对测井重点实验室一年来的工作也给予了充分肯定，并对今后实验室研究工作的重点达成一致意见。

会后，对本次大会宣读的学术论文汇集出版，希望能够对测井重点实验室的基础研究工作起到推动和促进作用。

目 录

MWD 及地质导向系统的研制与应用	李安宗	张 维	白 岩	(1)			
利用核磁共振和压汞法进行储层岩石的孔喉半径分布研究	陈守军	孙宝佃	杜环虹	(13)			
核磁共振定量表征储层孔隙结构的方法研究	周灿灿	刘忠华		(23)			
随钻多极子声全波测井理论研究	苏远大	孙建孟		(32)			
水平井产出剖面解释方法研究	郭海敏	戴家才	邹存友	郭海峰	刘军峰	(39)	
岩石电性物理实验的数值模拟	岳文正	陶 果				(48)	
利用偶极横波资料进行疑难气层评价	令狐松	王 黎	胡学红	罗艳颖	李 新	王长江	(56)
格子波尔兹曼方法及其在研究岩石流通特性中的应用 ...	朱益华	陶 果					(62)
井下系统高性能数据采集电路设计	卢俊强	鞠晓东	成向阳				(74)
新型电缆地层测试器 FCT 的开发和应用	陶 果	谷 宁	周艳敏	杜本强			(80)
用二维谱技术研究充液井孔中的相控线阵声波辐射器的辐射特性	车小花	乔文孝	鞠晓东				(96)
声波换能器的综合性能研究	冯 杰	柏 锐	张志勇				(103)
虚拟仪器技术及其在测井中的应用	柏 锐	李武军	张秋梅				(109)
高温超高压模拟系统	王世杰	陈建波	夏东生				(115)
大庆深层流纹岩电、声实验结果分析	李 宁	乔德新	付有升	杨晓玲	戴诗华		(123)
激发极化测井影响因素实验研究	孙宝佃	曾花秀	陈守军				(131)
测井曲线用于沉积旋回多尺度特性研究	房文静	范宜仁	李 霞				(140)

MWD 及地质导向系统的研制与应用

李安宗^{1,2} 张 维² 白 岩²

(1. 中国石油大学(北京)资源与信息学院; 2. 西安石油勘探仪器总厂)

摘 要: 本文介绍了西安石油勘探仪器总厂钻井仪器公司目前研制生产的 MWD 系统和地质导向系统的组成、功能和实现方式, 重点分析了正脉冲泥浆脉冲发生器的性能及在现场的试验情况。对正在开发的随钻电阻率测量项目和网络化随钻测井数据采集与处理技术的设计思想及目前进展进行了论述, 并提出了今后的发展思路。

关键词: 随钻测井 地质导向 泥浆脉冲发生器 随钻电阻率

自 1979 年美国发明随钻测量 (Measurement while Drilling, 简称 MWD) 技术以来, 国外这方面发展很快, 1983 年美国 Schlumberger 集团的 Anadrill 公司开发了钻井综合评价测井和地质导向技术 (Integrated Drilling Evaluation and Logging Geosteering), 推动了 MWD 技术与随钻测井技术 (LWD) 在国外的

发展。

MWD 技术就是在钻进时, 可及时测量钻压、扭矩、井斜、方位, 有利于控制井眼轨迹, 实现导向钻井。在钻水平井时, 可防止钻头偏出砂岩地层, 因此能保证水平井段井眼在储层中钻进。地质导向钻井 (Geosteering Drilling) 是继 20 世纪 80 年代水平井钻井后, 在 90 年代发展起来的一项钻井高新技术。地质导向钻井把地质目标、地层参数和井眼轨道控制、工程参数紧密结合起来, 由作业人员根据测得的近钻头实时地质数据、储层数据, 做出调整井眼轨道的决定, 引导钻头钻进, 并根据实时井下工程数据, 做出其他重要钻井决策。当前主要用在水平井和大位移井中。现代地质导向技术已能将随钻测量的测井、地震、录井等信息及遥测、遥传技术相结合, 将随钻实时测量到的信息经过智能化、集成化解释后, 实时评价地层, 实时确定客观存在的不确定地质因素, 为井身轨迹设计提供重要依据。随钻测井 (LWD) 技术可用来在钻井的同时获取基本的岩石物理数据, 并减小对耗时很多的钻杆传送测井作业的依赖性。带

方向传感器的 LWD 测井仪还能提供其周围的岩石物理性能在不同方位上的分布情况,进而提供油气藏中岩石物理性能的方位。LWD 传感器和方向传感器靠近钻头时,就能对井眼轨迹进行实时修正。这样,司钻就能避免井下各种障碍,引导钻头钻入油气藏中最合适的部位,以及引导钻头在薄油层中钻长的水平井眼^[1-10]。

西安石油勘探仪器总厂钻井仪器公司目前在册职工 40 人,内设机加工和钳加工两个生产班组,一个钻井仪器研究室(兼电生产的装配和调校),两个生产和管理办公室。公司经过多年的发展,形成了自身的特点和优势:(1)通过引进单、多点照相测斜仪和无线随钻测量仪的制造技术,特别是在引进技术的消化过程中,对 MWD 仪器的工作原理、工艺技术有了更深的理解和掌握,并且已经对无线随钻测量仪作了大量的国产化工作,积累了很多宝贵的经验;(2)有引进的无线随钻测量仪的制造设备和检测设备等提供的较好物质条件;(3)公司内还有一批经国外技术培训和在国内多年生产实践中锻炼的技术力量。目前钻井仪器公司生产的主要产品有:单点照相测斜仪 4 种类型、自浮式单点照相测斜仪、多点照相测斜仪 2 种类型、自浮电子单、多点测斜仪 2 种类型、无线随钻测量仪等。承担的主要科研项目有:与中国石油勘探开发研究院钻井所合作的地质导向中第一课题 CMWD 的项目研制以及第二课题的近钻头伽马仪器的研制和与油田合作的随钻电阻率测量项目。目前还承担了中国石油天然气集团公司重大专项工程用随钻测量系列装备研制项目的部分内容。

1 MWD 及地质导向系统的研制与应用

CGMWD-1 型地质导向随钻测量仪是一种在钻井过程中进行井下测量及实现无线传输的技术,它利用钻柱中的泥浆脉冲将测量信息数据传输到地面,也称为泥浆脉冲遥测系统。测量参数主要有井眼方位角、倾角、工具面角、温度等。

MWD 仪器总体结构示意图如图 1 所示。

地质导向随钻测量仪不仅作为“地质导向钻井系统”的主体部分之一,接收地质导向近钻头的测量信息,采集自身的井眼轨迹、井眼方位、倾角、重力仪面角、磁性仪面角、重力场、磁场、地磁倾角、温度、判断旋转等;而且还是地质导向整个下井仪器的信息控制管理中心,根据需要将要发送的数据进行

编码和排序上传，将其他测量数据保存在相应的存储器中。

1.1 GMWD-1 型地质导向随钻测量仪主要研制内容

(1) 下井仪器驱动器电路的试制。驱动器电路的设计是下井仪器研制的一大难点，它不仅要保证脉冲发生器可靠工作（提供周期性供电），而且要管理控制传输数据，还要作到节约井下电池能量。

(2) 下井仪器定向传感器总成（探管）的可靠性问题。MWD 仪器所使用的定向传感器总成是定向测量的核心，其可靠性尤为重要，从选购器件到结构设计、高温电路试验、高低温刻度均要优化研制。

(3) 下井仪器工作原理方法及程序编制。包括

下井仪器工作时序及数据的控制、采样、计算；下井仪器电池能量的运算及转换控制；正脉冲发生器工作状态的程序管理；定向仪程序的处理，自动采样处理计算定向测量参数及旋转的确定，采样时序的验证，浮点运算的验证；下井仪器各短节、各部分之间的通信协议的有效确定。

(4) 高速率正脉冲发生器的研制。脉冲发生器的工作原理研究，控制主阀运动的理论模型，高强度、抗冲刷材料的试制，工艺的研究，脉冲发生器测试方法的研究及测试设备的试制。

(5) 下井仪器新连接结构的试制。各短节采用总线式旋转连接，各短节根据需要可互换。对原材料及设计、加工都有较高的要求。

(6) 下井仪器整机的测试。下井仪器串整机测试方法研究。

(7) 高温多层印制板电路模块的使用。下井仪器采用高温多层印制板，采用 SMT 组件，焊接和调校工作比较复杂。

1.2 现场试验及整改情况

CGMWD-1 型地质导向随钻测量仪在完成室内试验后赴现场进行了多次野外试验，具体情况如下；

仪器系统于 2003 年 10 月 15 日在大港油田进行了第一次现场试验，下井仪器装入钻铤后接方钻杆在井口作了测试，并在井下 300m 作了浅层测试，在

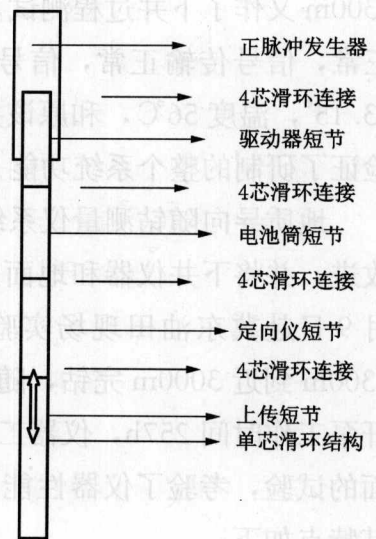


图 1 MWD 仪器总体
结构示意图

1300m 又作了下井过程测试,在仪器下到底 1500m 处作了随钻测试,仪器工作正常,信号传输正常,信号幅度强于负脉冲仪器,测试数据准确,测出井斜 23.15° , 温度 56°C , 和原该井提供的单点测量数据 23.1° 相比,完全一致,从而验证了研制的整个系统功能是正确的。

地质导向随钻测量仪系统在完成第一次下井试验的基础上,进行了总结和改进,并将下井仪器和地面系统装于自己的仪器房进行了调试,于 2003 年 12 月 9 日赴冀东油田现场实验。这次野外试验在井场工作了 22d,跟踪井深从 2300m 到近 3000m 完钻,随钻井的需要起下钻 8 次。仪器井下工作时间 263h,开泵工作时间 257h,仪器工作在钻进时间 244h,较为充分的对仪器进行了多方面的试验,考验了仪器性能,积累了现场操作经验,取得了很好的试验效果。其特点如下:

(1) 仪器系统结构简单实用,便于操作和维护,在井场的连接和测试比较方便。

(2) 下井仪器的主要部件之一的脉冲发生器工作良好,脉冲发生器不维护连续工作超过 200h 以上。

(3) 整个仪器电路结构可靠,经过长时间的井下工作,经过近钻头(不到 1m)长时间的震动考验,性能稳定,并且电路完好。

(4) 仪器现场测井操作方便,从下井前的测试,工具面的校正,到仪器与无磁钻铤的固定,都简单实用。

在总体组织下,对两次现场试验做了认真的总结,提出了问题和改进的措施,制定了仪器改进的实施计划表和各项改进方案,主要从以下几个方面对仪器进行了改进提高:

(1) 改进旋转四芯的连接问题,可解决总线 Q-BUS 出现故障隐患。

(2) 改进了脉冲发生器电磁阀的注油油质,解决仪器的低温工作问题。

(3) 改进了仪器的控制程序和电路设计,减小了下井仪器的工作电流,使井下仪器电池工作时间更长,现仪器工作电流静态小于 50mA。

(4) 下井仪器扶正器进行了重新设计和制作。

(5) 脉冲发生器零部件的抗冲刷改进。

总之,多次仪器现场试验证明了地质导向随钻测量仪和其系统是正确和可靠的,有其同类仪器的先进特点和性能,可用于生产,服务于现场。

2 正脉冲泥浆脉冲发生器的性能及现场试验情况

脉冲发生器是 MWD 仪器的关键部件，是井下仪器和地面仪器无线传输通道的核心部件。脉冲发生器主要由主阀、溢流阀和控制阀组成。主阀限制钻井液的流动，利用主阀筒处的能量差，在泥浆柱中产生正脉冲信号。压力信号由装在立管上的传感器检测。传感器检测到的信号送到现场计算机，对泥浆脉冲串的数据进行解码。正脉冲泥浆脉冲发生器外观如图 2 所示。

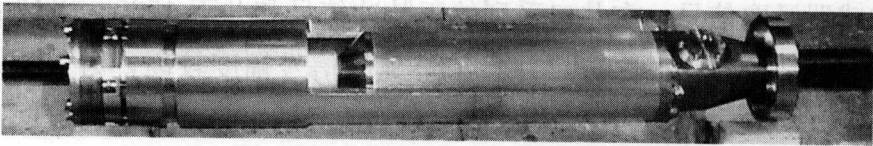


图 2 正脉冲泥浆脉冲发生器外观图

图 3 是正脉冲泥浆脉冲发生器工作原理图，其工作原理简述如下：

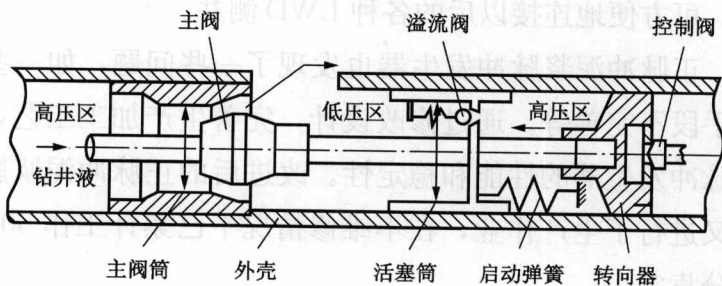


图 3 正脉冲泥浆脉冲发生器工作原理图

脉冲发生器主要由主阀、浮动活塞和控制阀组成。主阀限制钻井液的流动，产生正脉冲，浮动活塞控制脉冲器的内压力，控制阀根据收到的指令使主阀运动。脉冲发生器的周围充满了往下流动的钻井液。脉冲器将其上部和下部的钻井液形成压力差，利用钻井液压力差来驱动主阀动作来产生脉冲，钻井液压力来自于往下流动时遇到的钻头阻力。

脉冲器在工作过程中，当有脉冲上传时，电磁阀动作，将控制阀向里拉。使高压钻井液流经主阀轴，流过控制阀座直到动力活塞的背面，使高压方向向上。动力活塞之下的高压钻井液推动主阀向上运动，在脉冲器的上部钻杆中就产生压力上升，此压力的大小由动力活塞上的释放阀控制。在一规定的压力下，

释放阀打开,防止主阀进一步提升,使得在较大的一个压力范围内,控制了所产生脉冲的幅度。形成一个正脉冲信号。当上传信号结束,电磁阀关断时,因恢复弹簧的作用,各阀复位,再有上传信号时,脉冲器以此类推工作^[11-14]。

2004年6月开始,正脉冲发生器在胜利油田不维护的情况下,连续进行了4口井的现场试验,累计工作约300h以上。通过现场试验证明系统的主要部件之一正脉冲发生器工作良好,其耐压抗冲刷的程度很好,工作稳定、可靠,仪器起钻到地面,正脉冲发生器无明显损伤和磨损。现场试验结果反映:

(1) 脉冲信号稳定,正脉冲发生器工作时向地面发送正脉冲信号,通过地面压力传感器录取信号,在井口采到的正脉冲信号和井下1500m采到的正脉冲信号幅度一样,没有强弱之分,并且采集到的信号幅度较高,为150psi(一般MWD信号为100psi左右)。这样非常有利于信号的采集和正确的数据处理。

(2) 由于下井仪器采用了模块结构和四芯旋转接插件连接,采用了短节之间的共用外总线传输方式,使整个仪器系统结构在井口操作简单,连接容易,缩短了仪器下井的准备时间,不仅使仪器测试及设置方便,传输信号可靠,并开放了数据口,可方便地连接以后的各种LWD测井。

在试验中,正脉冲泥浆脉冲发生器也发现了一些问题,如一些易损件的耐磨性差、测试手段不完善等。通过修改设计,完善生产加工工艺,进一步提高了正脉冲泥浆脉冲发生器的性能和稳定性。改进后的正脉冲泥浆脉冲发生器近期在胜利油田又进行了生产作业,在不维修情况下已累计工作500多小时,获得了用户的充分肯定。

3 随钻电阻率仪器的研制与试验

随钻电阻率测井是在石油勘探开发面临十分复杂的地质条件下,为提高油田采收率、油层钻遇率、提高钻井总体效率、降低钻井总成本发展起来的一项随钻测井高新技术。随着国内勘探开发自身发展的需要,对钻井工程提出的技术要求也越来越高,随钻测井技术把地质参数和钻井工程参数紧密结合起来,是地质、钻井、测井等专业技术的综合,这项钻井综合技术的广泛应用将使我国的钻井工程技术有质的飞跃。随钻测井仪能够最大限度地缩短地层从钻开到测量的时间,在钻井的初期就获得测井资料,也就是在钻井液侵入地层和井眼变化不规则之前,更准确地反映地层情况来进行地层评价,及时修正井眼地层

的轨迹^[15-17]。

随钻电阻率仪器的结构框图如图 4 所示。

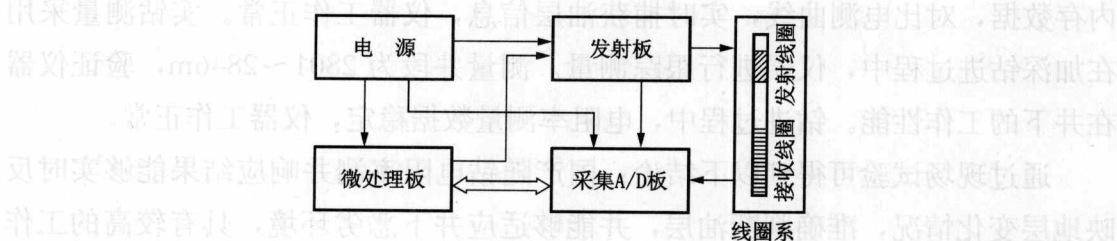


图 4 随钻电阻率仪器结构框图

在研制过程中主要的工作有：

(1) 随钻电阻率测量方法和建模的分析。研究分析了电阻率测井理论，进行了随钻电阻率测井响应，随钻电阻率测井计算方法的研究。通过建模分析，建立了随钻电阻率测井从刻度到测井的方法和程序，并从理论上验证了可行性。

(2) 随钻电阻率仪器的电路分析。借鉴了电缆测井电阻率仪器的电路原理，对此进行了认真的分析研究，并作了大量的电路试验工作，根据国产器件情况及我们的现状确定了电阻率电子仪样机电路。电路主要有电源模块电路、驱动发射电路、信号处理电路、计算机微处理器电路等。

(3) 随钻电阻率结构的研制。在研制中对电子仪短节的内部结构进行了设计、加工和组装，并设计了无磁钻铤，达到了研制要求。

仪器开发完成后进行了现场试验，主要是验证随钻电阻率仪器对不同地层的响应状况以及随钻电阻率仪器在井下恶劣环境中的工作性能。现场试验有两种可选方案：方案 1 是选择一口定向井，使用随钻电阻率仪器进行随钻测量，进行跟踪测井，根据收集的邻井电测资料以及地质录井，综合验证仪器测量的准确性，完井后与电测资料对比；方案 2 是选择一口完钻后的定向井，待电测完成后，下入随钻电阻率仪器进行测量，直接与电测曲线对比，以验证仪器测量的准确性。通过现场试验项目组综合分析和现场实际状况选择了试验方案 2，其优点是随钻电阻率曲线可直接与电测曲线进行对比，比较直观，容易验证仪器测量的准确性。该试验井完钻井深 2801.00m，最大井斜角 27.9°，方位 181.59°。钻完进尺后进行电测，电测后采油厂根据电测结果决定加深 45m。

试验过程分为模拟钻进测量和实钻测量两部分，模拟钻进测量采用随钻电阻率仪器在电测完后下井。根据电测曲线判断 2662~2676m 为油层，因此选择

测量井段为 2645~2685m 进行测井, 以验证仪器对不同地层的响应状况。下钻至待测井段后开泵循环, 模拟钻进状态, 实时记录电阻率测量数据, 同时记录内存数据, 对比电测曲线, 实时捕获油层信息, 仪器工作正常。实钻测量采用在加深钻进过程中, 仪器进行跟踪测量。测量井段为 2801~2846m, 验证仪器在井下的工作性能。钻进过程中, 电阻率测量数据稳定, 仪器工作正常。

通过现场试验可得到以下结论: 国产随钻电阻率测井响应结果能够实时反映地层变化情况, 准确判断油层, 并能够适应井下恶劣环境, 具有较高的工作可靠性。

4 正在开展的随钻测井研制项目

4.1 网络化随钻测井数据采集与处理技术研究

网络化的随钻测井系统由以下几部分组成: 地面系统及传感器、泥浆脉冲发生器、驱动器、电池筒、定向测量短节、数据连接短节、地质参数测量短节(如 GR、电阻率等)。系统的组成框图如图 5 所示。

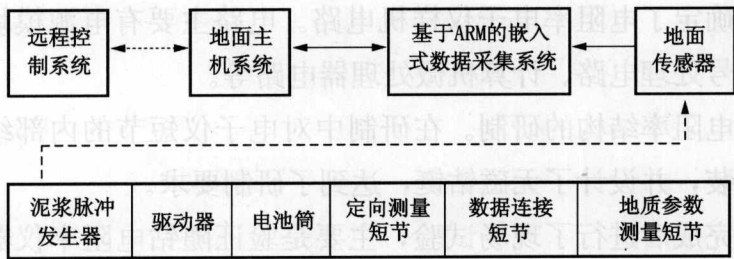


图 5 网络化随钻测井系统组成框图

其中, 网络化随钻测井数据采集与处理系统可分为主机控制系统和基于 ARM 的嵌入式数据采集系统。主机控制系统主要包括系统的初始化、随钻测井作业的过程控制、用户 GUI、远程通讯、随钻测井作业的辅助应用工具等。基于 ARM 的嵌入式数据采集系统主要完成原始信号的采集与预处理, 并通过网络将数据传送给主机进行工程数据的计算与处理。系统的结构框图如图 6 所示。

在系统设计时采用分布式的结构, 由现场数据采集部分负责实时数据采集与预处理, 由现场操作控制计算机负责数据的处理、显示、绘图、记录、远程传输、解释与评价等任务。数据采集部分的设计方案既要能满足目前信号采集的需要, 又要能适应今后随钻测井系统的发展, 因此采用具备网络功能的嵌入

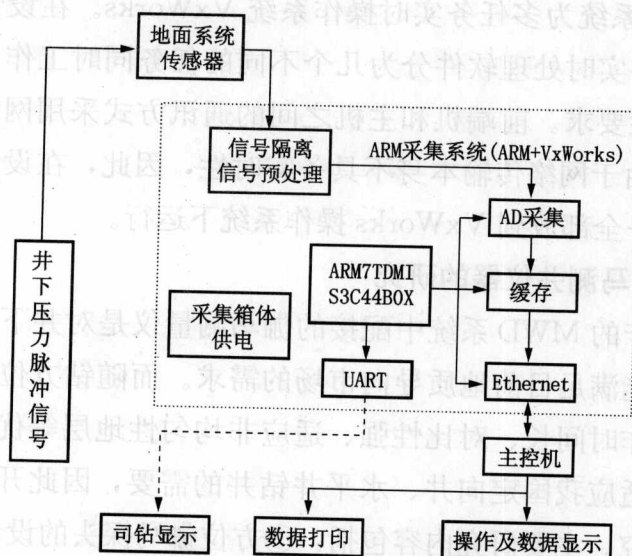


图6 MWD地面系统结构框图

式智能部件 ARM 实现, 采用嵌入式操作系统 VxWorks 进行控制。嵌入式系统是以应用为中心、以计算机技术为基础, 软、硬件可裁剪, 适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术以及各个行业的具体应用相结合后的产物, 它是面向用户、面向产品、面向应用的, 必须与具体应用相结合才具有生命力、才更具有优势。现场操作控制计算机可采用笔记本电脑或工业控制机, 采用 Windows XP 系统。现场计算机之间组成 Ethernet 局域网, 并通过无线网络同远程计算机进行通讯。

现场采集与处理平台分为两部分, 一部分是数据采集系统, 负责从压力传感器或其他类型的传感器上采集原始的遥传信号, 并进行实时分析与解码; 另一部分是现场操作与控制系统, 它从现场采集平台获取原始的信号波形参数以及解码后的数据, 再进行数据的处理、显示、绘图、记录、远程传输、解释与评价等任务。如采集系统信号处理有误, 可以由现场操作工程师根据原始的信号波形分析问题的原因, 并及时修正出现的错误。

在随钻测量及地质导向系统中, 测量数据的采集由底层驱动层和测量数据交换层来实现。底层驱动层完成测量数据的实际采集和各采集通道的控制; 测量数据交换层完成测量数据由 ARM 到随钻测量应用层的双向交互, 将随钻测量的硬件层隔离开, 实现软件平台的分层设计^[18]。实时采集处理任务运行在

ARM 上, 其操作系统为多任务实时操作系统 VxWorks。在设计时根据随钻测量作业的要求, 将实时处理软件分为几个不同的任务同时工作, 可以有效保证系统采集的实时性要求。前端机和主机之间的通讯方式采用网络通讯, 传输速率为 100Mb/s。由于网络传输本身不具备实时性, 因此, 在设计实现时把需进行实时处理的任务全部放到 VxWorks 操作系统下运行。

4.2 随钻方位伽马测井仪器的研究

我厂目前生产的 MWD 系统中配接的伽马测量仪是对井下地层全方位伽马射线的测量, 不能满足目前地质导向市场的需求。而随钻方位伽马由于具有可靠性高、连续工作时间长、对比性强、适应非均匀性地层等优点, 越来越被市场所认可。为了适应我国定向井、水平井钻井的需要, 因此开展了随钻方位伽马测井仪器的研究。主要研究内容包括: ①方位伽马探头的设计; ②具有节能、可控等特点电子线路的设计; ③随钻方位伽马与 MWD 系统的连接及信号传输; ④仪器刻度必需的模拟钻铤模型; ⑤仪器防振和抗振所用材料模型的工装模块; ⑥刻度仪器所需要的刻度架的设计^[19]。

4.3 旋转阀泥浆脉冲发生器的预研

旋转阀泥浆脉冲发生器设计用于电池供电的 MWD 系统, 它是由电机控制安装在固定叶轮后面的旋转叶轮部分关闭, 从而限制流过开孔的流量, 产生一个压力脉冲通过液柱传送到井口。正压力脉冲发生器直接驱动, 不需要导阀, 其脉冲幅度可通过调节移动叶轮的旋转模式来进行调整。旋转阀泥浆脉冲发生器的外观如图 7 所示。

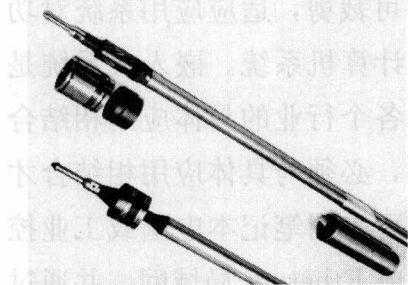


图 7 旋转阀泥浆脉冲发生器外观图

旋转阀泥浆脉冲发生器研制的关键技术包括大扭矩力马达、磁力耦合器、转子主轴的材料等。

5 总结

随着随钻测井技术的不断发展, 国内对此项技术的应用需求也不断增加。目前随钻测井系统研发的重点除了各种测井方法和仪器外, 还应关注信号传输技术的研究。随钻的数据传输仍制约着该项技术的广泛应用, 因此有必要不断改进现有的传输技术, 满足现场实际使用的要求: 一方面继续提高现有的泥浆

脉冲遥测的可靠性和稳定性,使其能适应现阶段的需求;另一方面还要跟踪国外技术的发展,研究高速的随钻遥测技术。

参考文献

- [1] 张绍槐,张洁. 21 世纪中国钻井技术发展与创新. 石油学报, 2001, 22 (6): 63~68
- [2] 苏义脑, 窦修荣. 随钻测量、随钻测井与录井工具. 石油钻采工艺, 2005, 27 (1): 74~78
- [3] 王若. 随钻测井技术发展史. 石油仪器, 2001, 15 (2): 5~7
- [4] 张绍槐. 现代导向钻井技术的新进展及发展方向. 石油学报, 2003, 24 (3): 82~85
- [5] 时鹏程. 随钻测井技术在我国石油勘探开发中的应用. 测井技术, 2002, 26 (6): 441~445
- [6] 秦绪英, 肖立志, 索佰峰. 随钻测井技术最新进展及其应用. 勘探地球物理进展, 2003, 26 (4): 313~322
- [7] 布志虹, 任干能, 陈乐. 随钻测井技术. 断块油气田, 2001, 8 (4): 22~24
- [8] David Patrick Murphy. Advances in MWD and formation evaluation for 2002. World Oil, Mar. 2002, 223 (3): 63~70
- [9] David Patrick Murphy. Advances in MWD and formation evaluation for 2003. World Oil, Mar. 2003, 224 (3): 55~62
- [10] David Patrick Murphy. Advances in MWD and formation evaluation for 2004. World Oil, May. 2004, 225 (5)
- [11] 房军, 苏义脑. 随钻测量阀控式液压信号发生器动态数学模型. 石油机械, 2004, 32 (6): 26~28
- [12] 房军, 苏义脑. 二通阀回液控制式信号发生器非线性状态方程. 石油钻采工艺, 2004, 26 (3): 7~10
- [13] 房军, 苏义脑. 二通阀进液控制式信号发生器非线性状态方程. 石油钻采工艺, 2004, 26 (2): 5~9
- [14] 房军, 苏义脑. 液压信号发生器基本类型与信号产生的原理. 石油钻探技术, 2004, 32 (2): 39~41