



中国石油天然气集团公司
CHINA NATIONAL PETROLEUM CORPORATION

测井工程技术交流会论文集

中国石油天然气集团公司

工程技术与市场部
石油工程技术承包商协会

编



石油工业出版社
PetroChina Publishing Press

中国石油天然气集团公司

测井工程技术交流会论文集

中国石油天然气集团公司 工程技术与市场部 编
石油工程技术承包商协会

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收录了 2006 年 11 月召开的中国石油天然气集团公司测井工程技术交流会论文 31 篇。内容涵盖测井装备、测井解释与评价、生产测井、测井及射孔工艺四部分,反映了中国石油天然气集团公司地球物理测井新技术、新方法及新成果,包括典型适用技术、成功应用并可推广的技术实例及代表专业发展方向的前沿技术。

本书可供广大油田测井工作人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国石油天然气集团公司测井工程技术交流会论文集 / 中国石油天然气集团公司工程技术与市场部, 石油工程技术承包商协会编.

北京: 石油工业出版社, 2006.11

ISBN 7-5021-5746-8

I. 中 …

II. 中 …

III. 油气测井 - 学术会议 - 文集

IV. TE151-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 113194 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.com.cn

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

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 19

字数: 485 千字 印数: 1—800 册

定价: 58.00 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

前 言

2006 年 11 月召开的中国石油天然气集团公司（以下简称“集团公司”）测井技术交流会，主要针对目前测井行业面临的技术难点，组织研讨、交流，以提高集团公司测井技术水平，满足油气勘探开发对测井技术的需求。

“十五”以来，集团公司测井行业在测井装备研发、复杂储集层解释评价、复杂条件下测井及射孔工艺等方面取得重要进展。本论文集收录了测井新技术、新方法及新成果，供测井专业技术人员借鉴参考，以促进整体技术水平的提高。

本论文集的编辑出版得到了集团公司和中国石油天然气股份有限公司各测井企业，尤其是中国石油集团测井有限公司的大力支持，在此表示感谢！

2006 年 11 月

目 录

测 井 装 备

EILog 测井系统现状及发展思路·····	汤天知 (3)
EILog-05 测井系统在长庆油田的推广应用·····	张炳军 陈木银等 (12)
HH-2530 快测平台测井系统在新疆油田的推广应用·····	王存田 戴诗华等 (20)
模块化配置的 Maxis·····	李雨田 孙新强等 (33)
CSU-D 地面系统升级研究·····	何亿成 王存田等 (46)

测井解释与评价

面井质量测井评价技术研究及软件开发·····	王天宇 朱世和等 (55)
鄂尔多斯盆地低阻油层成因及测井评价·····	杨双定 (66)
华北油田冀中地区低阻油层分类、识别及评价·····	祗淑华 蔡文渊等 (74)
川西白马庙蓬莱镇储集层电性特征与低阻成因分析·····	殷增华 (84)
吉林油田红岗北地区复杂储集层测井评价·····	邢艳娟 石丹红等 (91)
吐哈盆地火焰山低幅度构造低阻油气层测井识别技术研究·····	施培华 刘洪亮等 (101)
吐哈盆地台北西部低阻油层赋存的宏观地质背景及分布特征·····	施培华 刘洪亮等 (106)
大港油田低阻油层测井评价技术进展·····	方林林 高艺等 (113)
泥晶白云质灰岩储集层测井评价·····	方林林 李国英等 (123)
松辽盆地火成岩储集层基质孔隙度、渗透率参数的确定·····	李庆峰 许淑梅等 (132)
辽河油田火成岩储集层测井评价方法及应用·····	王忠东 黄铁坤等 (138)
准噶尔盆地西北缘火山岩储集层评价——西北缘 XX 井实例·····	王 军 戴诗华等 (149)
青海柴达木盆地第四系生物气层解释方法·····	刘 蓉 杨洪明等 (161)
水平井测井评价技术在大港油田的应用·····	丁娱娇 柴细元等 (179)
成像测井在川渝碎屑岩储集层解释中的应用·····	杨碧松 刘子平等 (191)

生 产 测 井

大庆测井公司碳氧比能谱测井技术进展·····	陶宏根 王宏建等 (199)
多层管柱电磁探伤成像测井技术及其应用·····	姚声贤 李官华等 (211)
磁测应力技术研究进展·····	王忠义 马文中等 (228)
检测井下金属套管应力的磁记忆方法研究·····	刘青昕 刘兴斌等 (235)
油水井动态监测面临的挑战和新技术探讨·····	江松元 朱世和等 (243)
吉林油田生产测井技术现状和技术需求·····	贵仕贤 王树江等 (247)
川渝地区套管井测井评价技术进展·····	罗 利 姚声贤等 (258)

测井及射孔工艺

四川欠平衡测井实践与认识·····	张树东 (267)
高压气井射孔工艺技术与应用·····	张维山 刘庆东等 (276)
测井下井仪器遇卡情况及测井打捞工具系列研制·····	刘世东、熊永立等 (281)
超长水平井水平段电阻率成像测井工艺研究·····	孙建伟 (295)

测 井 装 备

EILog 测井系统现状及发展思路

汤天知

(中国石油集团测井有限公司技术中心)

摘 要 由中国石油集团测井有限公司 2003 年研制成功的 EILog-05 快速测井系统在 2005 年实现批量生产, 目前已有 10 套在长庆、华北、青海等油田投入生产应用。该系统具有高可靠性、高测井成功率、高作业效率等特点, 整体指标接近或达到了进口同类仪器水平, 得到了用户的肯定。2005 年底, 在 EILog-05 基础上又成功研制了高传输速率、具备成像测井能力的 EILog-06 测井系统, 目前正在进行现场试验。本文简要介绍了 EILog-05 和 EILog-06 测井系统基本情况, 并提出了 EILog 系列测井系统的发展思路。

关键词 EILog 集成化 组合 质量控制 数字化 小型化

引 言

EILog-05 测井系统是在中国石油天然气集团公司(以下简称集团公司)测井综合化地面仪器、HCT 常规组合测井井下仪器、LEAD1.0 资料处理综合软件的研究成果基础上, 通过系统优化和集成形成的具有自主知识产权的测井系统, 实现了地面功能的综合化、井下仪器集成化、处理解释一体化。在系统研制过程中, 解决了传感器复用、结构优化、线路共用和集成等一系列关键技术, 特别是针对原有国产测井系统可靠性差的问题进行了重点攻关, 在元器件筛选、接插件等关键部件结构设计、印制线路装配工艺等方面进行了全面创新, 形成了一套较为科学合理的工艺设计文件和流程, 使系统可靠性有了质的飞跃。2004 年进行了为期一年的现场试验, 通过测井试验发现问题、寻找缺陷并不断改进、完善。试验结果证明: 系统设计合理; 技术工艺性能先进; 运行稳定可靠; 测得好、测得快。2005 年开始批量生产, 目前已有 10 套在长庆、华北和青海等油田投入生产作业。在 EILog-05 系统的基础上, 针对系统数据传输速率偏低、系统作业能力不够强的实际问题, 开展了 EILog-06 测井系统的研制。通过正交编码频率分配多路技术和井下 CAN 总线结构使传输速率从 100kbps 提高到 300kbps; 通过改进微电阻率扫描、阵列感应等成像仪器设计, 提高了仪器主要技术与工艺指标, 使系统基本具备了成像作业能力; 同步开发了网络版 LEAD2.0 处理与解释评价软件, 与 LEAD1.0 相比, 底层更强、功能更全、使用更方便。EILog-06 在 2005 年底完成了样机研制, 目前正在进行现场试验, 预计 2006 年底将实现批量生产。EILog-05 和 EILog-06 的研制成功为中国石油测井行业提供了一个性能较先进、功能较齐全的作业平台。我们清楚地认识到油田勘探开发面临的形势对测井技术和装备发展提出了更高的要求, 而传感器、微电子、计算机、新材料等高新技术日新月异的发展又为测井技术和装备发展提供了条件。因此, 要充分利用高新技术不断提高装备性能, 实现 EILog 测井系统系列化, 形成具有集团公司品牌的 EILog (快

速与成像测井系统的英文缩写)测井系统系列,不断满足油田勘探开发对测井技术与装备的需求。

一、EILog-05 测井系统

1. EILog-05 测井系统构成

EILog-05 系统由综合化地面仪、集成化常规组合测井仪与 LEAD1.0 资料分析与评价软件(包括井场实时快速处理与解释软件)构成。

1) 综合地面仪

由前端采集机、主处理机、资料处理机组成。具有裸眼井、生产井、射孔、取心作业能力,具有测井作业过程、仪器测井质量、测井数据的实时控制和管理能力。

(1) 后台和前端分布式设计:

网络化数据交换,可实现远程传输与控制。

VxWork 操作系统,实时采集可靠性高。

I/O 控制总线选用 Compact PCI 总线,实现高性能与低成本的统一。

多种编码共存,软件化解码设计,方便系统修改升级。

面向对象设计采集与控制软件,具有仪器动态添加等功能。

(2) 强大的扩充与兼容能力:

能兼容常规测井仪器、国产成像测井仪器及正在研发的仪器。

能扩展测井配接国外测井仪器。

2) HCT 集成化常规组合测井仪

由自然电位、双侧向、双感应、微球、补偿声波、自然伽马、补偿中子、补偿密度主测量仪器以及井径、微电极、连斜等辅助测量仪器组成。

井下仪器数据传输使用 CTS(数据总线采用 TCC 三总线),数据上传速率 100kbps。

主要井下仪器具有 0.4m 纵向分辨率,薄层探测能力强。

井下仪器可根据需要任意组合,一次下井就可以获取全部常规测井参数和所需的辅助测量参数。

测量线路通过使用 MUP、DSP、FPGA、PLD 以及定制的厚膜电路,减少了元器件数量,提高了集成度。

探测器复用和线路共用等结构优化设计进一步缩短了仪器长度,提高了可靠性。

3) 井场测井资料分析与评价软件

是基于 Windows 2000/XP 的新一代测井资料处理解释软件系统,可完成多种仪器类型测井资料的快速处理和解释。具有开放的底层平台、集成化的应用模块、可视化的处理解释流程。

2. EILog-05 测井系统验收与产业化

EILog-05 测井系统自推出以来,2004 年在江汉、长庆、胜利、华北等油田测井 30 余井次,取得了丰富的测井资料,证明系统指标达到了设计要求。2004 年 11 月在试验取得成功的基础上,进行了 EILog-05 测井系统产业化;建立、完善了产品制造工艺流程和作业技术资料;编写完成了培训手册、制造手册、操作手册和维修手册;制订了严格的

生产工艺流程，组建了地面仪器调试车间、井下仪器调试车间、原材料库和成品库；基本建成了基于成套装备制造工序对象管理、计划协调和 OEM 生产模式的制造管理体系；生产厂房和检测设备基本适应规模制造所需。为形成 30 套 / 年的 EILog 测井成套装备制造能力、实施成套装备规模均衡化制造、打造“国际一流、国内第一”品牌成套测井装备、实现中国石油集团测井有限公司“十一五”装备制造规划奠定了坚实的基础。

2005 年上半年按产品要求制造了三套，第一套系统在长庆油田完成了 7 口井的测井试验，其中试验井 4 口、探井 3 口。其中，2 口井与国外测井系统进行了对比测试，测井结果表明该系统具备良好的性能和高效的测井作业能力。2005 年 9 月，长庆油田分公司组织了 EILog-05 测井系统投产验收会议。评审组在认真听取了 EILog-05 测井系统在长庆探区应用效果分析评价报告后（表 1）一致认为，该测井系统已达到了国际同类产品 5700 测井系统的水平（图 1），适应长庆探区地质特征，测井曲线数值符合地区特点，能够满足勘探评价的需要，具备了投产应用条件，同意投入现场应用。到目前为止，EILog-05 测井系统已有 10 套在长庆、华北、青海等油田投入生产作业，累计测井 200 余口。2006 年，根据需要安排了 40 套地面、30 套常规井下仪器、20 套阵列感应测井仪、10 套微电阻率扫描测井仪、10 套井下超声电视测井仪的生产，目前正在按照均衡生产模式进行制造。

表 1 EILog - 05 测井系统在长庆投产验收试验情况

井 号	测 井 项 目	测井效果评价
环 × ×	声速、自然伽马、双感应八侧向、双侧向、井径、微电极、连斜、4m、微球、密度、补偿中子、自然电位、固井声幅、变密度	主串、辅助串、固井串均一次成功，仪器工作稳定，曲线重复性、一致性好，数值变化合理
白 × × ×	声速、自然伽马、井径、双感应八侧向、微电极、4m、自然电位、连斜、密度、补偿中子、微球、双侧向	测井一次成功，仪器工作稳定，曲线重复性好，数值变化合理，与 5700 结果对比较好；自然伽马比 5700 低 10 个 API，经标准层验证，更准确；补偿中子加有偏心器，数值比 5700 低 2 - 4p.u.，更合理；双侧向分辨率比 5700 高，受井眼影响较大
塔 ×	声速、自然伽马、井径、双感应八侧向、微电极、4m、自然电位、连斜、密度、补偿中子、微球、双侧向	测井一次成功，仪器工作稳定，曲线重复性好，数值变化合理，与 5700 结果对比较好，三孔隙度对应关系很好，纵向分辨率较高；双侧向比 5700 略高，可能是仪器未加扶正器所致
标准井	声速、自然伽马、双感应八侧向、双侧向、井径、微电极、连斜、4m、微球、密度、补偿中子、自然电位	测井一次成功，资料合格
岭 ×	声幅、变密度、磁定位	测井一次成功，资料合格
董 ×	声速、自然伽马、井径、双感应八侧向、微电极、4m、自然电位、连斜	测井一次成功，资料合格
董 ×	井径、微电极、连斜、4m、自然电位	测井一次成功，资料合格

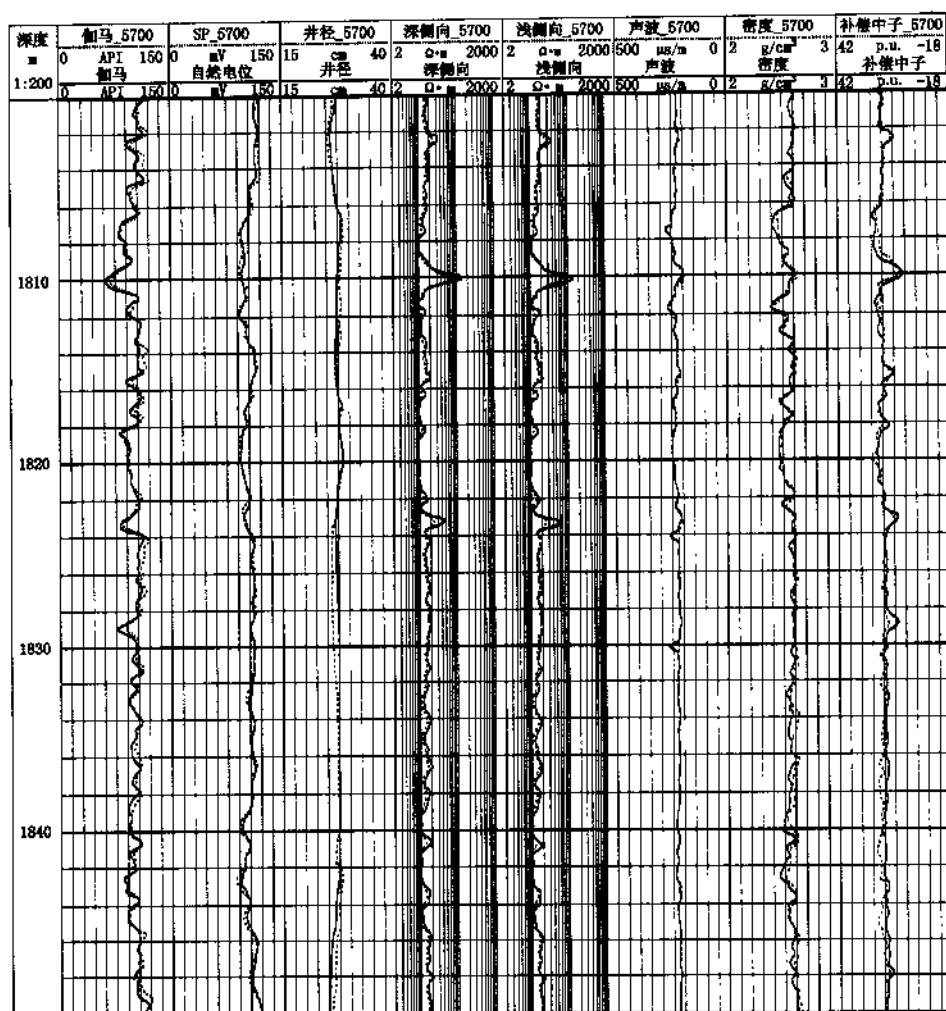


图1 白266井 EILog-05 与 Eclips-5700 测井资料对比

二、EILog-06 高性能测井系统

EILog-06 测井系统的研制是中国石油天然气集团公司重大科技攻关专项，主要目标是在 EILog-05 测井系统的基础上，研制一套具有裸眼测井和射孔、取心作业能力，并能挂接成像测井仪器的高性能测井系统，形成具有自主知识产权、标准统一、性能先进的国产测井装备品牌，以满足油田勘探开发及测井装备更新的需要。系统主要要求如下：

(1) 建立地面综合采集处理、数据高速传输、井下仪器集成测量 3 大平台。

(2) 解决 5 项关键技术，配备 11 种测量方法和 15 支仪器短接，提供 30 个测量参数和 5 种储集层评价对象；重点解决好数据传输率低、国产成像测井仪器难挂接、地面采集软件系统功能不全等问题，还要在可靠性上有所提高。

(3) 系统整体性能满足高可靠、高精度、高效率要求。

1. 地面采集系统

1) 地面采集硬件

硬件部分与 EILog-05 相比具有许多新功能和特点 (表 2)。

表 2 EILog-06 和 EILog-05 性能指标对比

对比项	EILog-05	EILog-06
地面系统	单系统	双系统
采集软件	面向对象结构化、模块化设计, 文件调用	数据调用
处理软件	LEAD1.0, 井场快速处理	LEAD2.0, 井场快速处理
遥测系统	100kbps 传输速率 DTB 总线	300kbps 传输速率 CAN 总线
井下仪器	常规仪器: 微球、高分辨率双侧向、双感应、八侧向、自然电位高分辨率声波、自然伽马、补偿中子、补偿密度 成像仪器: 慢扫微电阻率扫描、阵列感应、普通超声电视	常规仪器: 岩性密度可替换补偿密度, 自然伽马能谱可替换自然伽马, 双发五收数字声波替代双发双收模拟声波 成像仪器: 快扫微电阻率扫描、改进型阵列感应、提高型超声电视、阵列声波、阵列侧向
最高耐温	155℃	175℃ (大部分仪器)
最大耐压	100MPa	140MPa

- (1) 符合人体工程学要求的桌面化操作环境。
- (2) 高低配置、具有便携测井功能的双机系统。
- (3) 智能化绞车操作控制系统。
- (4) 网络化设备数据接口。
- (5) 高可靠结构安装工艺。

2) 地面采集软件

采集软件的特点如表 3 所示。

表 3 EILog-06 采集软件特点一览表

系统结构	主控与显示完全分离; 增加系统诊断测试功能模块; 增加质量控制; 基于组件 (COM) 的开放结构
前端	通信方面: 包括现有的所有通信方式, 并且按照通信方式来分类组织, 而不是按仪器来分类; 采样和传输是两个并行的线程; 命令: 和地面硬件相关的命令由前端机产生, 后台只要发送一个命令功能号即可, 和井下仪器相关的命令由后台填写好完整命令字发送到前端, 前端直接发送到井下
主控方面	统一高效的测井操作界面 (窗口方面管理); 符合测井工程的管理形式 (添加测井作业块); 基于组件的架构设计, 提供良好的扩展接口, 方便测井组件的集成; 统一的测井日志扩展接口; 丰富的测井原始数据查看模式 (可以按仪器、按帧查看); 提供灵活的服务表管理功能; 新的测井数据存储格式 (支持更多的数据存储方式); 新的参数文件管理方式 (采用 XML); 增强的测井组件和主控组件之间通信, 以及组件之间的相互通信

仪器组件 库方面	提供组件应用向导,能够自动生成组件框架,方便用户组件开发; 提供统一的配置管理接口,方便用户的开发; 与主控分离,可以独立编译,自动嵌入系统,不用和主控联编; 提供方便的组件管理工具,在程序外部修改组件的配置
显示表象 模块方面	增加表象模板,数据表现形式和数据本身分离,满足用户不同需求; 增加曲线重复对比功能,可以进行曲线对比,以及质量监控; 更加方便的人机交互模式; 增加用户编程(脚本)接口

2. 300kbps 高速数据传输

高速数据传输井下短节主要包括电缆调制解调器和井下仪器总线两部分。电缆调制解调器由编码调制、预均衡、功率放大、电缆耦合、总线控制、数据处理、命令接收、电源变换等电路组成。

主要特点:

- (1) 调制方式采用正交编码频率分配多路技术(COFDM),半双工方式,增加了TCM 编码纠错功能和数据重发机制,提高了传输数据量和可靠性。
- (2) 编码方式为下发 4PSK,上传 QAM,帧频 12.5Hz/s,电缆接口为 T5 方式。
- (3) 井下仪器采用 CAN 总线,内部数据传输速率为 1 Mbps。
- (4) 用 FPGA 实现 CAN 总线、TCM 编译码等功能,缩小了线路尺寸,提高了集成度。
- (5) 具有连斜、钻井液电阻率等辅助参数测量功能。

3. 增加了部分井下仪器,挂接了三种国产成像仪器

在 EILog-06 测井系统中增加了数字声波、岩性密度和自然伽马能谱测井仪,通过测量方式的变化,获得比普通声波、补偿密度、自然伽马更多的测量参数。这些仪器具有下述鲜明的特点。

1) 数字声波测井仪

探测器采用双发五收结构,最小间距 0.15m,最小源距 0.9m。与模拟双发双收补偿声波相比具有明显的特点:采用双组合聚能发射换能器和预应力高灵敏度接收换能器;采用数字采集全波信号,提高了时差测量精度;多接收器结构,可提供高达 0.15m 的纵向分辨率;除提供声波时差参数外,还具备套管井 CBL/VDL 测量功能。

2) 岩性密度测井仪

从单一能量测量变为全谱能量测量,增加了地层光电吸收指数参数,可用于直观指示地层岩性;使用全闭环控制环境温度和稳谱质量因子监测,提高了仪器的温度稳定性;通过优化的探测器结构设计,提高了仪器的泥饼补偿能力。

3) 自然伽马能谱测井仪

与自然伽马测井仪相比,自然伽马能谱测井仪除能提供地层总伽马含量参数外,还能提供地层钾、铀、钍三种元素的含量参数,用于岩性识别、泥质含量计算、沉积环境研究等;通过全闭环控制环境温度和稳谱质量因子监测和调整,提高了仪器温度稳定性。

4. 测井参数环境校正图版和刻度校验装置

EILog-05 已经投入批量制造并应用于生产作业,测井资料与 5700 同类仪器相比具

有相当好的一致性。但 EILog-05 某些仪器,如一体化的补偿密度和微球型聚焦探测器、高分辨率双侧向等,其探测器结构及参数与国外同类仪器不完全相同,势必造成在相同的环境背景下,仪器所受的影响也不会完全相同。EILog-06 完成了测井参数环境影响校正和处理方法研究,配全了刻度校验装置,制作了各种仪器环境影响图版。

5. 系统可靠性设计与测井质量控制

根据统计资料表明:国产测井仪器与国外同类仪器的差距主要在可靠性方面。因此在 EILog 高性能测井系统中重点还是如何提高系统的可靠性,以大幅度降低仪器系统故障率。

1) 电路可靠性设计

包括器件筛选、简化设计、降额设计、热设计、接地设计、电磁兼容性设计(静电、瞬态过载、寄生耦合、干扰和局部的辐射屏蔽)以及误操作、故障保护等。

2) 机械可靠性设计

包括制造时的固有可靠性、使用可靠性、储存可靠性、环境适应性。降额设计、热设计同样适应于机械设计。

3) 软件可靠性设计

针对软件响应的实时性、测井数据的完整性、软件连续工作稳定性、测井质量控制的合理性要求,采用避错设计、查错设计、改错设计和容错设计等方法保证软件可靠性。

4) 测井质量控制

在整个仪器作业过程中,系统通过相关的关键参数对地面仪器、井下仪器、遥测仪器的工作状态进行监测;测井曲线质量通过环境校正处理软件判断仪器工作状态;地面采集软件通过日志的形式实时记录测前、测井、测后的全过程结果。

(1) 系统运行状态监测:信号采集通道、深度、测井速度、张力等。

(2) 下井仪器状态监测:选取各仪器关键监测参数。

(3) 数据传输状态监测:误码标志。

(4) 快速处理:测量曲线的井眼环境校正。

(5) 环境校正:测井参数实时井眼环境校正处理。

(6) 系统自检及故障诊断:仪器自检功能及故障定位。

(7) 测井日志:测井、刻度、自检等过程实时记录。

6. 系统试验情况

自 2006 年 5 月下旬开始,EILog-06 先后在庆阳标准井、华北任 91 标准井试验。三参数、遥测、伽马、岩性密度、补偿中子、双侧向、声波大组合串在 3990m 井底工作 2h,系统工作正常,测井资料合格,仪器的耐温、重复性、一致性等指标基本达到设计要求。

三、EILog 系列测井系统下步发展思路

EILog-05 和 EILog-06 测井系统研制的成功,使国产系统具备了常规测井、部分成像测井、射孔取心的作业能力,系统基本实现了高可靠度、高精度、高效率,达到了测得好、测得快的目标,建立了基本的测井装备总体构架。但是,系统仍然需要在已有的基础上进一步发展,不断创新,以满足用户需要与市场需求。

1. 加快高速数据传输系统研究, 提高数据吞吐能力

20 世纪 90 年代 Schlumberger 公司 MAXIS500 测井系统数据传输能力就达到了 500kbps; Halliburton 公司新一代快速测井系统 LOG-IQ 数据上传速率在 7600m 电缆时为 800kbps, 而电缆 1200m 时上传速率达 2Mbps, 井下仪器总线速率 10Mbps。EILog 测井系统目前上传速率仅为 300kbps。数据遥测速率较低已经成为制约测井系统性能进一步提高的瓶颈问题之一。因此, 要加快高速数据传输系统的研究, 力争近中期达到 500 ~ 800kbps, 中远期实现 1000kbps。

2. 实现国产测井仪器配套和升级, 增强作业能力

EILog 成套系统在成像作业能力上需要集中突破。其原因有如下几点: 一是成像测井在国内外服务市场上占有率逐步提高, 在复杂非均质储集层油气勘探开发上, 其作用日益显著; 二是目前 EILog 成套系统仅挂接了三种成像仪器, 阵列侧向、阵列声波成像仪器还在研制过程中, 核磁共振还处于进行方案设计及集中解决部分关键技术阶段; 三是已挂接的三种成像仪器无论是技术性能、先进性还是系统成熟性, 均与规模化生产和实际应用要求有一定差距。因此, 在常规测井装备研制基本完成、已经形成规模化生产的条件下, 我们就将研发的重点及时地转到组合成像测井技术与装备研究上。我们一方面要求现有三种成像仪器尽快扩大现场应用, 只有在应用中才能发现问题, 也只有在应用中才能解决问题, 而不能总是停留在样机研制阶段; 另一方面在集团公司的支持下, 我们要加大成像测井研发力度, 进行成像测井相应研究资源整合, 全面开展高性能成像测井系统研究。从 2006 年开始, 主攻方向是进一步完善阵列感应、超声成像、微电阻率成像仪器, 加快研发阵列侧向、阵列声波、核磁共振测井仪器研究, 并实现成像测井仪器的集成化。总的目标就是争取“十一五”末使国产微电阻率成像、阵列感应、井下超声成像、阵列侧向、多极子偶极声波 5 种成像测井仪器成为 EILog 标准配置, 增强 EILog 的国际竞争力。“十一五”期间, EILog 成套系统研发的另一重点是随钻测井, 这也是测井装备发展的重点方向。尽管我们在随钻测井前沿技术研究方面起步晚、差距大, 但是随钻测井代表着测井技术发展的方向, 是参与国际海上技术服务投标的必要条件, 我们要跟上世界先进水平必须大力发展随钻测井技术。主要研究内容包括: 随钻测井系统总体方案设计、随钻数据传输技术研究、随钻自然伽马测井仪器研制、随钻电磁波电阻率测井仪器研制、随钻补偿密度测井方法研究和随钻补偿中子测井方法研究。

3. 加强仪器结构和测量法电路研究, 提高仪器性能

1) 提高测井时效

EILog-05 和 EILog-06 井下组合测井仪器总长均超过 25m, 即使是三孔隙度、三电阻率及自然伽马仪器的长度仍然接近 18m, 难以满足实际作业施工的要求; 成像等复杂仪器由于本身阵列化的传感器结构以及由此带来复杂而庞大的测量电路, 如阵列感应、微电阻率扫描、井下超声电视均接近或超过 10m, 实现组合难度大。近中期要将常规组合测井主测量仪器串长度缩短到 15m 以内, 三种成像仪器要在原有长度下缩短 2m 以上, 并实现电声成像测井组合以及阵列感应与常规仪器的组合。这些目标主要依靠使测量线路共用、电源系统共用、探测器空间共用、探测器与测量电路空间的共用以及电路数字化和小型化来实现。

2) 提高测量范围和精度

国产微电阻率成像、阵列感应、井下超声成像等国产成像仪器虽早已研制完成,并在试验和推广应用见到了有一定效果,但性能均不能完全满足使用要求,需要进一步完善。因此,一方面要加大已研制的国产成像仪器的应用和产业化准备;另一方面要提升仪器技术指标。微电阻率扫描要通过极板信号数字化采集和处理技术的应用和仪器结构工艺的改进,将测量动态范围从 $0.2 \sim 1000 \Omega \cdot m$ 提高到 $0.2 \sim 2000 \Omega \cdot m$ ($5000 \Omega \cdot m$),再逐步达到 $0.2 \sim 10000 \Omega \cdot m$ (与哈里伯顿 LOG-IQ XRFMI 相当)。阵列感应要提高仪器线圈系的制作技术和工艺水平,要提高仪器小信号的测量能力,改进合成处理及环境校正方法,进行电路的数字化和集成化,进一步提高仪器的稳定性和测量精度。

3) 提高温度稳定性

要保证测量范围和精度,首先必须保证在额定温度范围内仪器能够稳定工作。由于 155°C 、 175°C 高温器件货源稀缺,而且使用成本高,稳定工作一般不能超过 1h,因此要研究更经济有效的方法。行之有效的方法之一是数字化和电路小型化,具体办法是将主要由模拟电路完成的功能尽可能由超大规模、多功能数字器件来完成,将这些器件置于保温瓶内,在仪器总长度保持不变的条件下,可实现仪器长时间稳定工作 (200°C 条件下工作 10h)。

4. 加快直观快速处理与解释软件开发,实现井场采集—处理解释一体化

实现实时井场直观快速处理与解释是提高测井效率的客观要求。一方面,由于一次下井可以基本取全常规评价所需的地层参数和环境参数,这为实时井场直观快速处理与解释提供了可能;另一方面,测井效率不仅体现在测井仪器组合能力上,也体现在测井成果提交的实时性上。目前由于校正参数不全,井场实时快速处理与解释还只停留在采集模块与处理解释模块之间实时数据的网络传递和初步处理解释。近中期要进行测井数据快速处理和解释并将结果用于测井质量控制,与仪器状态监测信息一起综合判断系统工作状态,以便于及时采取措施,如对有问题的井段进行补测、对有疑问的井段进行重测等。中远期要结合油藏所有者的需要,实现井场实时解释和评价,以便于供油藏所有者实时决策。采集软件要与处理解释软件紧密结合,逐步实现一体化。

四、结 束 语

2003 年以来的短短 3 年时间,中国石油集团测井有限公司先后完成了具有自主知识产权、整体性能基本达到国际先进水平的 EILog-05 和 EILog-06 测井系统的研制,其中 EILog-05 实现了产业化,并已经装备了公司 12 支测井队伍,其优良的整体性能得到了油田的充分肯定;EILog-06 测井系统完成了样机研制任务,目前正在进行现场试验,2006 年底也将完成系统定型,实现批量生产。EILog 成套测井系统研制只有起点而没有终点,用户的需求和技术进步将驱使我们不断创新,以便最大限度地满足油气勘探开发的需要。

在此衷心感谢集团公司以及专家、合作单位及用户的大力支持和指导,同时诚挚地希望测井同行在 EILog 系列测井成套系统研制和推广应用一如既往地给予关心和帮助。