

测井采集处理解释 一体化技术

■ 2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油为您提供先进的测井技术装备和优质服务！





目 录

简介	3
特色技术	4
典型案例	16
科研装备	19
资质与标准	23
专家团队	24



中国石油

中国石油天然气集团公司是国家授权投资的机构和控股公司,是实行上下游、内外贸、产销一体化,按照现代企业制度运作,跨地区、跨行业、跨国经营的综合性石油公司,下设上游 17 家、下游 33 家、销售 36 家大型企业。作为中国境内最大的原油天然气生产、供应商和最大的炼油化工产品生产、供应商,中国石油天然气集团 2010 年国内生产原油 10500 万吨,生产天然气 725 亿立方米,加工原油 1.35 亿吨,全年实现营业收入 1.72 万亿元,实现利润 1727 亿元,实现利润在国内企业中位居榜首。

美国《财富》杂志 2010 年度全球 500 强公司排名中,中国石油天然气集团公司居第 10 位,

在全球 50 家大石油公司中位居第 5 位。

中国石油天然气集团公司履行资源、市场和国际化战略,坚持推进科技进步,实施技术创新,以全面提升技术创新能力为主线,以解决制约主营业务发展的重大瓶颈技术为重点,不断完善技术创新体系,优化科技资源配置,强化科技人才队伍建设,技术创新能力大幅度提升,技术实力显著增强,取得了一大批高水平,具有自主知识产权的创新成果。

测井采集处理解释一体化技术与装备就是具有代表性的重大创新成果之一。

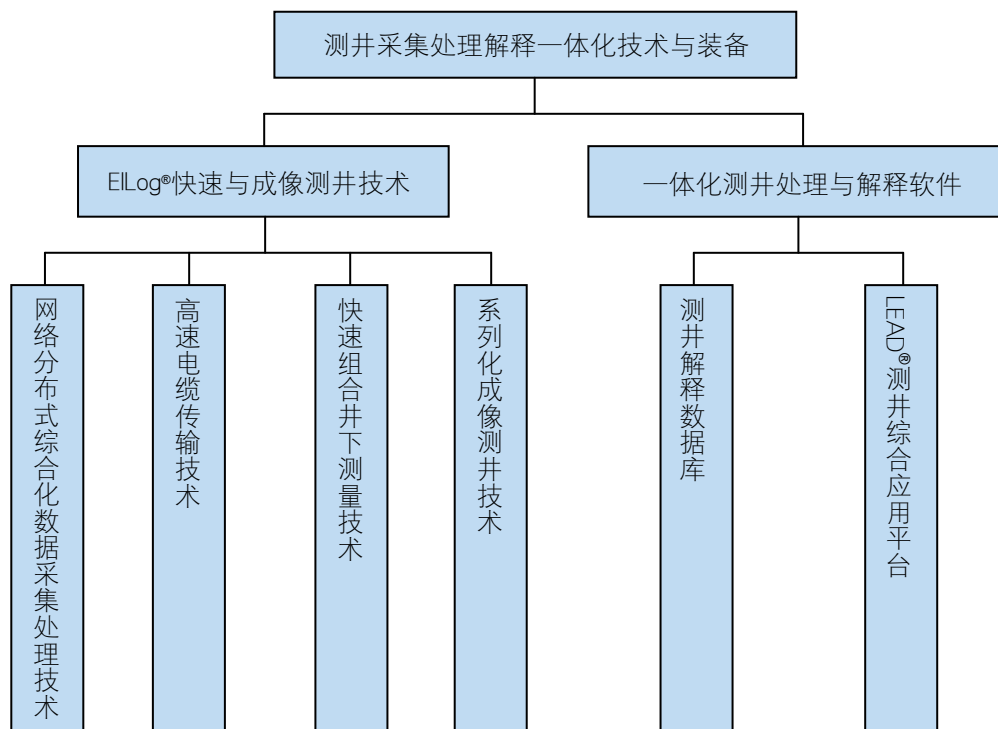
奉献能源 创造和谐

1

简介

中国石油致力于测井采集处理解释一体化技术的研究、发展和服务，拥有一大批优秀的专业技术人才、配套的技术与设备、专业化研究机构与服务队伍，可提供测井、射孔、录井等系列化技术支持与服务。

测井采集处理解释一体化技术与装备包括：EILog[®]快速与成像测井技术、一体化测井处理与解释软件（LEAD[®]）两大系列特色技术。



2 特色技术

一、EILog® 快速与成像测井技术

EILog® 快速与成像测井技术能提供裸眼井测井、套管井测井、射孔取心作业等全系列电缆测井服务，具有一次取全所有常规测井参数的能力，同时还具备多种成像测井作业能力。由配套的四大特色技术组成：网络分布式综合化数据采集处理技术、高速电缆传输技术、快速组合井下测量技术、系列化成像测井技术。

EILog® 快速与成像测井技术是计算机技术、微电子技术、信息技术和新材料技术等集成创新和系统集成，能帮助客户高效、可靠、快速地获取准确、完备、优等的测井原始资料和高分辨率裸眼井测井、套管井测井、工程测井解释成果。

EILog® 快速与成像测井技术能够解决低孔低渗油气层、低阻油气层、复杂岩性油气层等测井地层评价难题。



EILog® 快速与成像测井技术

1. 网络分布式综合化数据采集处理技术™

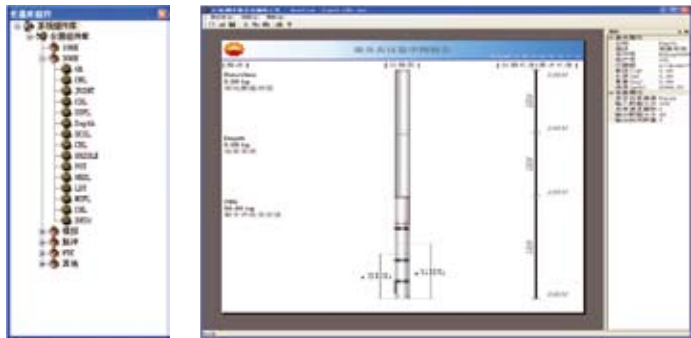
网络分布式综合化数据采集处理技术™ 可以使用户体验测井信息的网络共享，体验实时测井、实时质量监控、测井数据管理等即时服务，帮助用户在裸眼井 / 套管井测井、射孔 / 取心作业方面提出综合化数据采集处理方案。

网络分布式综合化数据采集处理技术™ 由 cPCI 采集箱体的总线专用底板等四项专利技术和一套计算机软件——“ACME 测井采集控制管理平台®”构成。

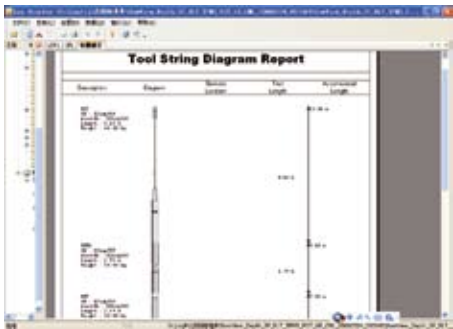


特点

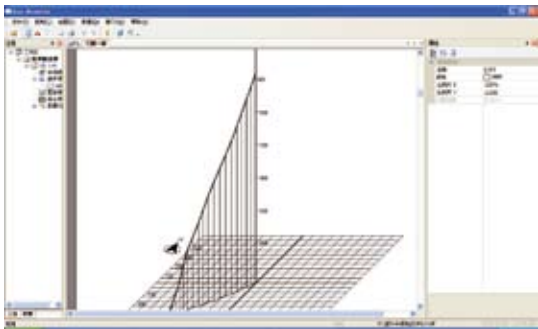
- 网络化分布式系统架构，具备远程传输与控制能力。
- 前端采集采用 VxWorks 实时多任务操作系统，实时性和可靠性好。
- 采集箱体选用性能优良、可靠性高的 cPCI 总线。
- 大规模运用 FPGA、DSP 技术，实现多种编码信号的软件解码。
- 面向对象的软件设计，实现仪器的动态添加。
- 多视图，多模板的测井组合显示绘图输出功能。
- 桌面工作台式机械结构设计，操作空间更加人性化。



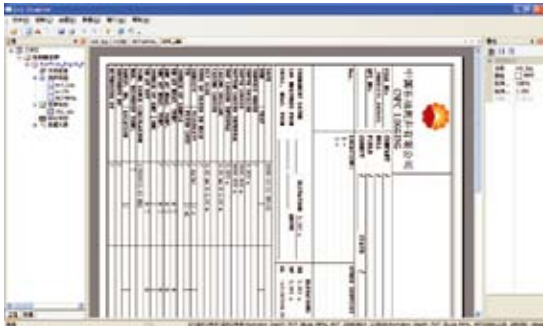
完整的仪器组件库和服务表管理



仪器串图



连斜三图一表



灵活的测井图头



井身结构图

灵活的图件输出

2. 高速电缆传输技术™

高速电缆传输技术™是连接井下和地面的枢纽，采用半双工工作方式，完成井下数据上传和地面命令下发，其传输率和误码率直接决定系统的测井质量和配接仪器的规模。高速电缆传输技术™可以帮助用户在常规测井及成像测井上实现 100kbps 和 430kbps 两种速率的数据传输。

高速电缆传输技术™包含基于 NIOS 软核 CPU 的连斜数据采集装置等七项专利技术。



特点

- 调制采用 COFDM 技术，子信道采用 QAM 编码，频谱利用率显著提高，具有较强的抗干扰能力。
- 增加 TCM 编码纠错及出错重发机制，提高系统的可靠性。
- 采用自适应均衡技术，对不同频率特征的电缆具有自适应能力。
- 井下采用 CAN 总线，协议简洁明朗，仪器接口方便灵活。
- FPGA 使用 NIOS 技术，完成 CAN 总线功能，提高井下电路集成度。
- 地面使用 FPGA 芯片中集成 PCI 接口，提高地面采集电路集成度。

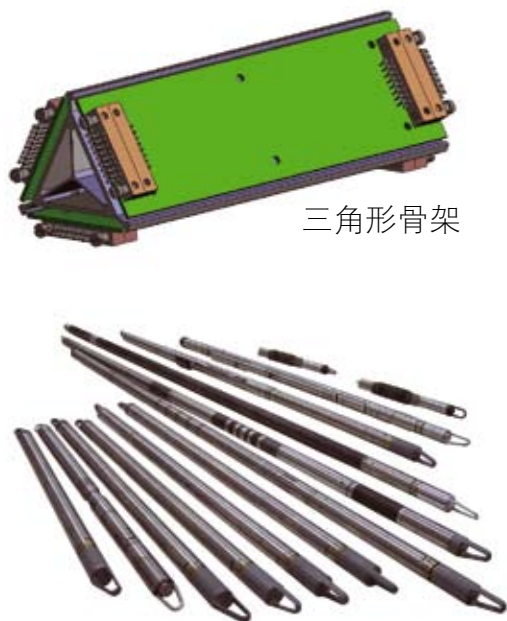
3. 快速组合井下测量技术TM

快速组合井下测量技术TM实现了集成化的快速组合测井，主要由自然伽马、自然伽马能谱、自然电位、补偿中子、补偿密度 / 岩性密度、补偿声波 / 数字声波、高分辨率双侧向、双感应八侧向、微球形聚焦、井径、井斜、方位、井温、泥浆电阻率、压力、磁定位、声波变密度 / 数字声波变密度、微电极、电极系 (0.4m、2.5m、4.0m) 组成。一次下井可以测量深、中、浅三电阻率，密度、中子、声波三孔隙度，以及自然伽马、自然电位、井径、井温、井斜等 18 条常规测井曲线。

快速组合井下测量技术TM 包含耐高温高压微球与密度组合测井探头等 31 项专利技术。

特点

- 组合测井能力强，测井效率高。一次下井取得全部常规测井资料，测井作业时效平均提高 30% 以上。
- 集成化程度高，系统稳定性好。使用电路厚膜集成、探测器复用、测量线路共用、高可靠机电装配等技术，缩短仪器长度，提高系统集成度和可靠性，测井曲线重复性和一致性好。
- 仪器种类齐全，性能先进。配套数字声波、高分辨率双侧向等特色仪器。



三角形骨架



密度微球探测器复用

4. 系列化成像测井技术

系列化成像测井技术包括阵列感应成像测井技术、井周微电阻率成像测井技术、多极子阵列声波测井技术和超声成像测井技术等四项特色技术。

(1) 阵列感应成像测井 (MIT) 技术TM

阵列感应成像测井 (MIT) 技术TM 提供比常规电阻率仪器丰富、更准确、更直观的测量, 具有较强的划分薄层的能力, 能详细描述地层侵入特征, 可获取地层真电阻率, 从而确定储层饱和度, 是复杂非均质储层测井评价的重要手段。阵列感应成像测井 (MIT) 技术TM 主要用于定量描述储层和侵入特性、测量地层电导率, 以及求取地层含油饱和度等。

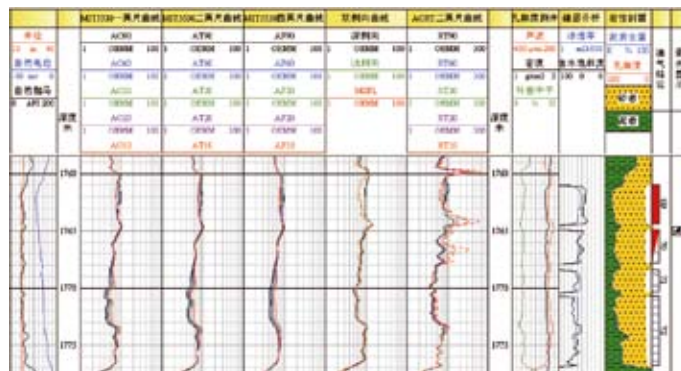
阵列感应成像测井 (MIT) 技术™ 的核心是获得专利的阵列感应成像测井仪。



高可靠测量线路



新工艺线圈系



特点

- 测量精度高，纵向分辨率高，多种探测深度，提供分辨率匹配曲线。
- 采用主从多 DSP 复合结构和三线圈系阵列结构，通过实时刻度技术、数字滤波技术和数字相敏检波技术，在井下实现多频多道微弱信号的提取。
- 通过自适应环境校正技术和软件合成聚焦处理技术，获得 3 种纵向分辨率（30cm、60cm 和 120cm）、5 种径向探测深度（25cm、50cm、75cm、150cm 和 225cm）的 15 条地层电导率曲线。
- 径向电阻率剖面成像，得到视地层水电阻率剖面和含水 / 含油饱和度剖面，精确地描述地层特征。

(2) 井周微电阻率成像测井 (MCI) 技术™

井周微电阻率成像测井 (MCI) 技术™ 能够为客户提供环井眼地层高分辨率电阻率图像，用于裂缝识别、薄层评价、岩性划分、地层各向异性评价、沉积相和构造分析，是解决复杂非均质储层测井评价、地质特征分析的重要手段。

井周微电阻率成像测井 (MCI) 技术™ 内含获得专利的高温高压微电阻率扫描成像测井仪极板。

特点

- 高可靠：采用大规模电路集成、新型大功率液压推靠器、新型极板电扣结构和连接件密封结构等新技术、新工艺，提高系统可靠性。
- 高分辨率：最高分辨率为 5mm，井眼覆盖率超过 60%。
- 多种测量模式：在 430kbps 传输速率条件下，可同时实现快扫描、慢扫描、倾角三种测量模式。



新工艺极板



(3) 多极子阵列声波测井 (MPAL) 技术™

多极子阵列声波测井 (MPAL) 技术™ 通过单极子、正交偶极子和四极子等各种声波测井模式，既可以实现常规声波仪器测井，在任意地层中测量地层的横波波速，评价地层的各向异性，还可以用来进行岩性识别、产能预测、岩石机械特性预测、井壁稳定性预测、超压地层预测、压裂效果评价、孔隙流体类别评价和地层渗透率估算等。

多极子阵列声波测井 (MPAL) 技术™ 内含四极子声波发射换能器等三项专利技术。

特点

- MPAL 除具有常规声波的测井功能外，还可以在任意地层（包括软地层）直接进行地层横波波速测井。
- MPAL 具有单极子、正交偶极子和四极子等多种声波测井模式，可用以评价地层的各项异性。

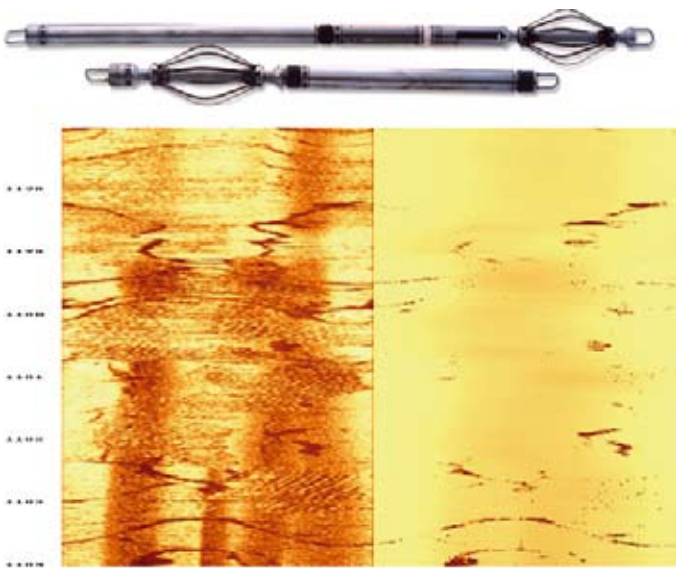


- 仪器的特殊结构设计，可满足大斜度井声波测井要求。

- 应用了板间高速串行数据传输总线和控制命令总线，保证仪器通讯、控制和数据采集性能。

(4) 超声成像测井 (UIT) 技术™

超声成像测井 (UIT) 技术™ 采用超声回波方式对井眼进行 360° 扫描，得到井壁声波幅度和时间图像，测量直观、全井眼覆盖。适用范围广、操作方便，既可用于裸眼井，反映井眼几何形状，识别裂缝、孔洞、层理等，又能用于套管井，检查射孔质量、分析套管损坏以及评价固井质量等。



XX 井 UIT 超声成像测井实测曲线，能清楚反映层理、裂缝等地质特征

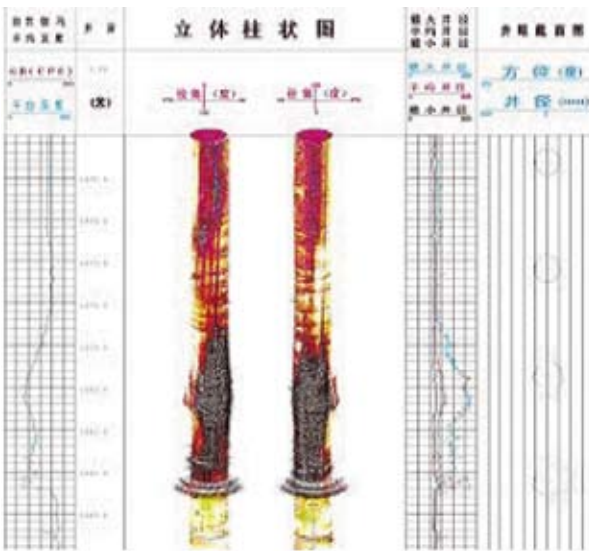
特点

- 声系采用磁滞同步电机提供动力，由齿轮进行机械传动及组成减速结构。换能器采用压电陶瓷换能器 (1.5MHz 和 0.5MHz)，收发两用。

- 磁通门方位检测传感器采用双绕技术绕制，检测地磁场确定探头探测方位。

- 选用新型导电耐磨材料制作接触滑环，克服机电耦合不稳定的隐患，缩短仪器的保养周期。

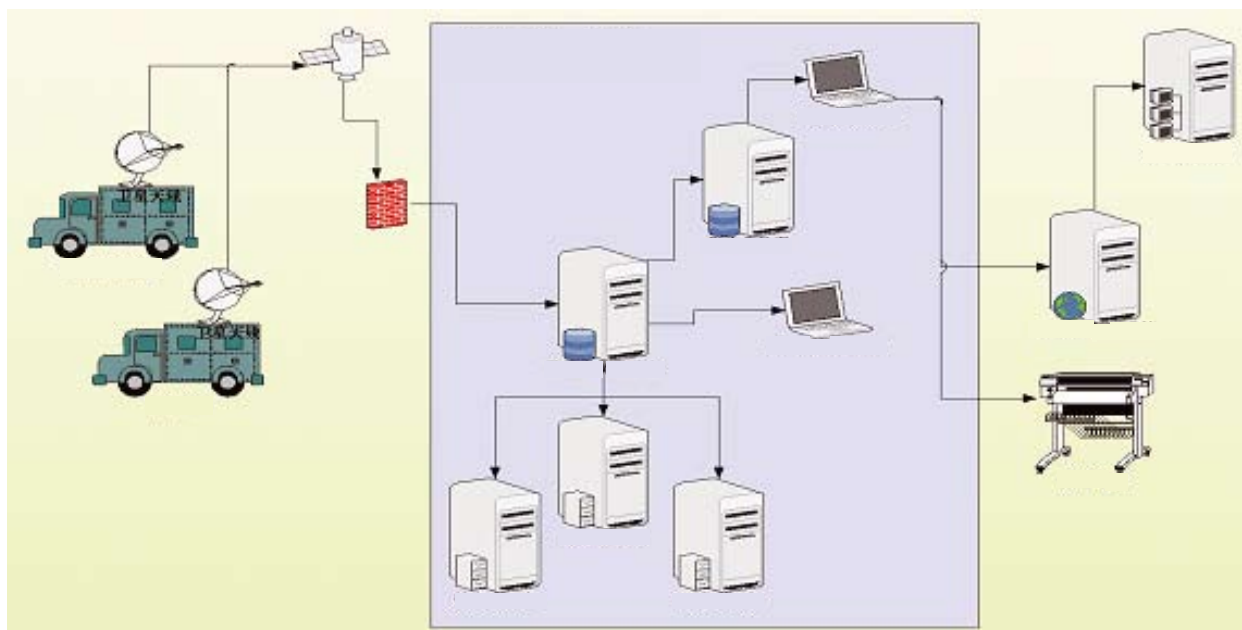
- 根据换能器特性参数设计发射电路，减小信号拖尾，提高接收信号的信噪比与图像质量。



XX 井 UIT 超声成像测井检测套管腐蚀及破损图像

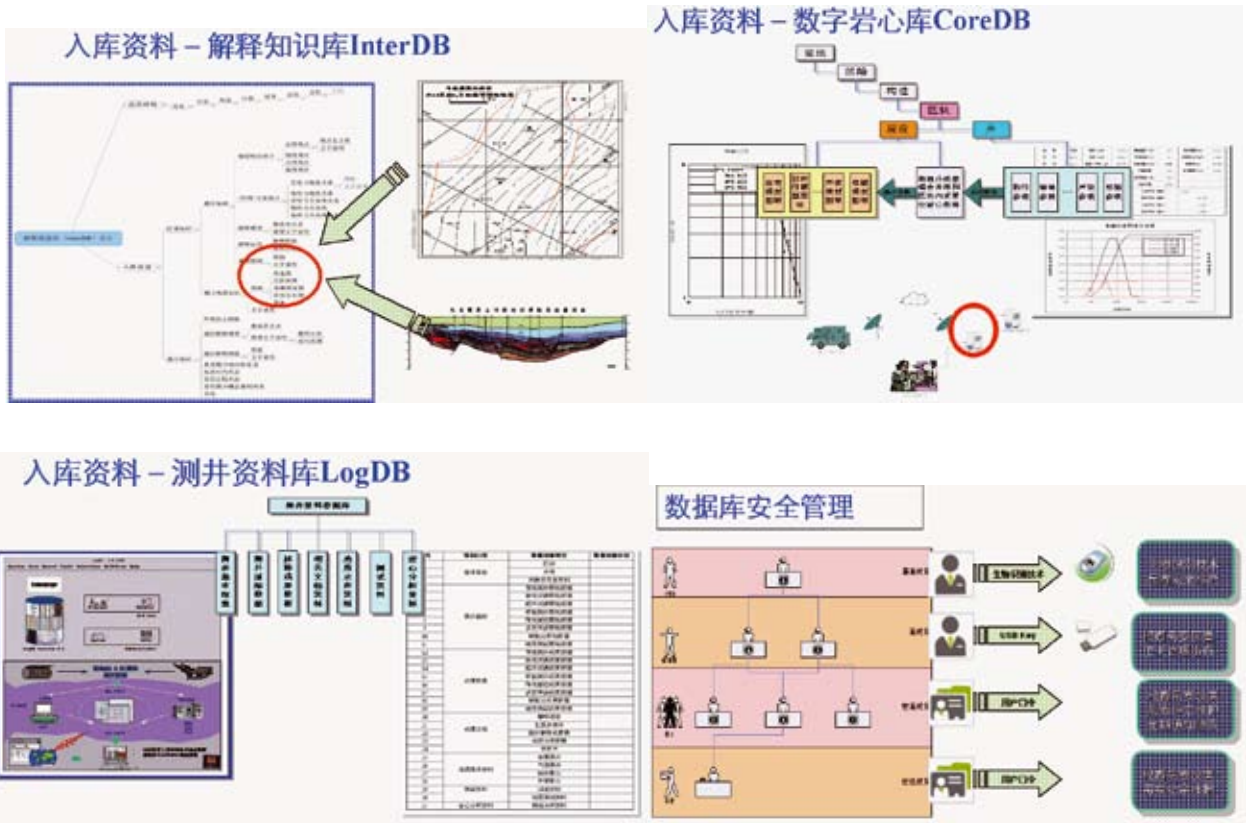
二、一体化测井处理与解释软件[®]

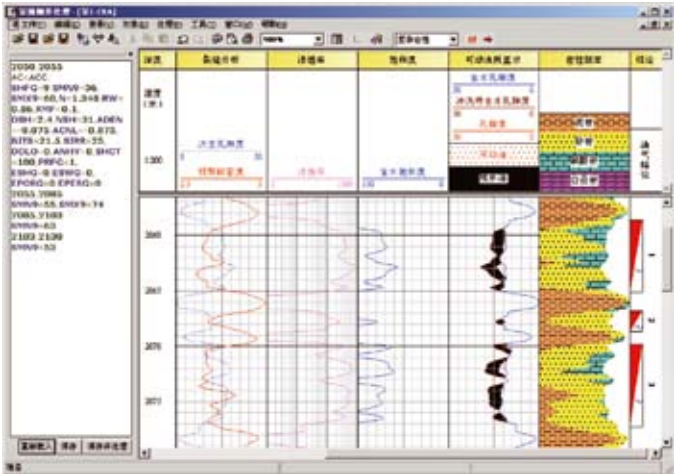
一体化测井处理与解释软件 由测井解释数据库、统一数据管理平台、交互可视化集成的大型测井综合处理软件系统三部分构成。可实现测井资料的远程处理解释和网络协同工作，实现测井解释数据的网络化管理、测井单井解释与多井评价、裸眼井解释与套管井监测的一体化应用，满足复杂储层测井综合评价的需要。



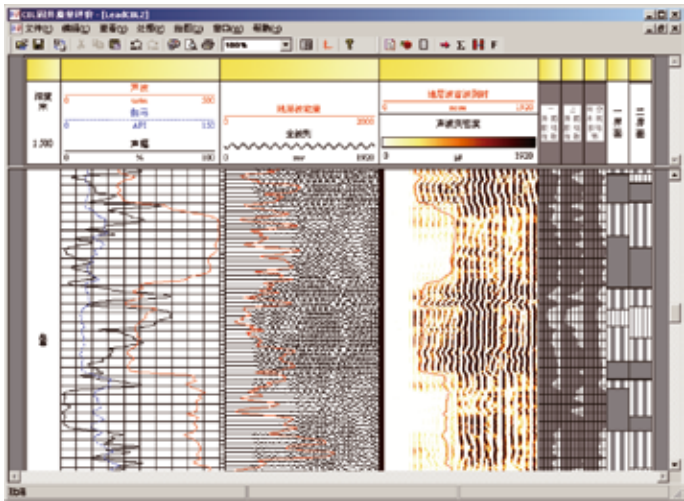
1. 测井解释数据库[®]

测井解释数据库[®]由解释知识库 InterDB[®]、数字岩心库 CoreDB[®]和测井资料库 LogDB[®]三个基础数据库以及工区项目库 ProjectDB[®]和信息管理库 InfoDB 五部分构成，可用于支持测井解释流程的各个环节。

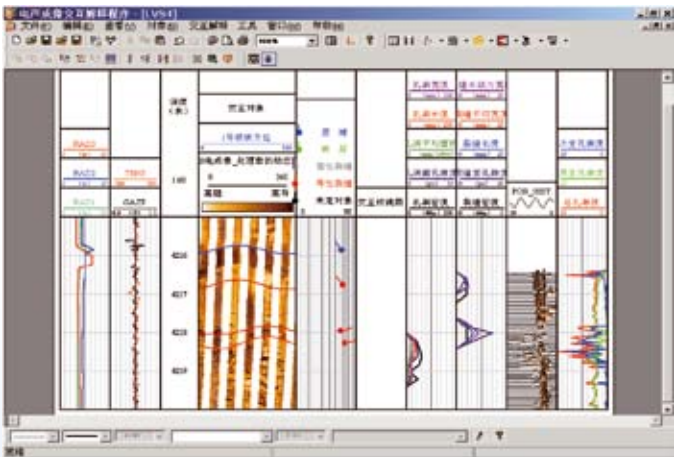




适应各种地质特点的常规测井处理解释



集成在同一平台下的工程 / 生产测井处理



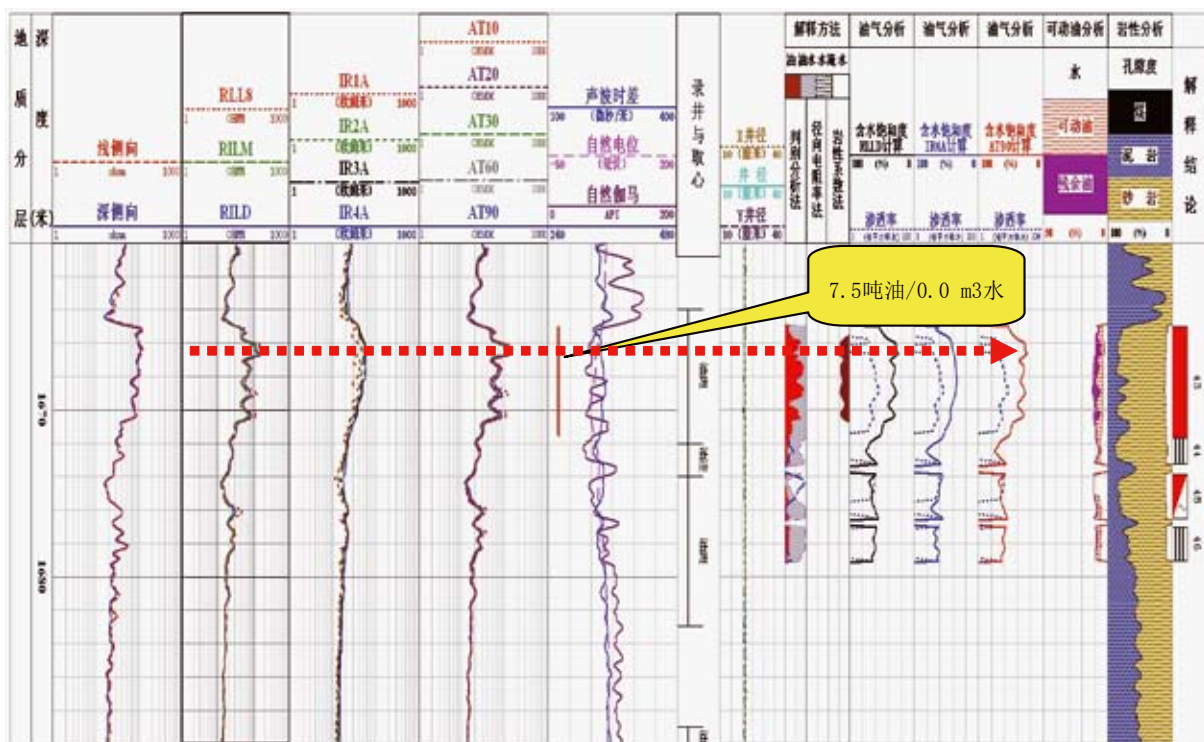
基本配套的成像油井处理解释

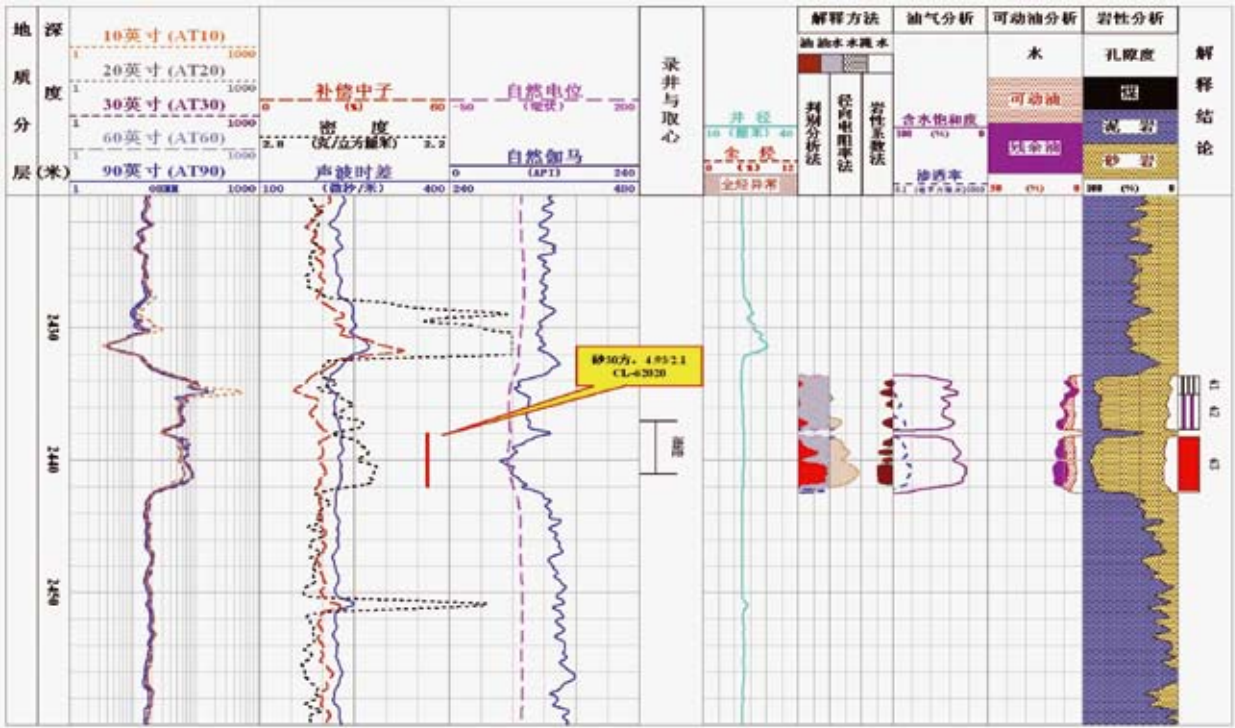
3

典型案例

(1) 阵列感应测井仪应用实例

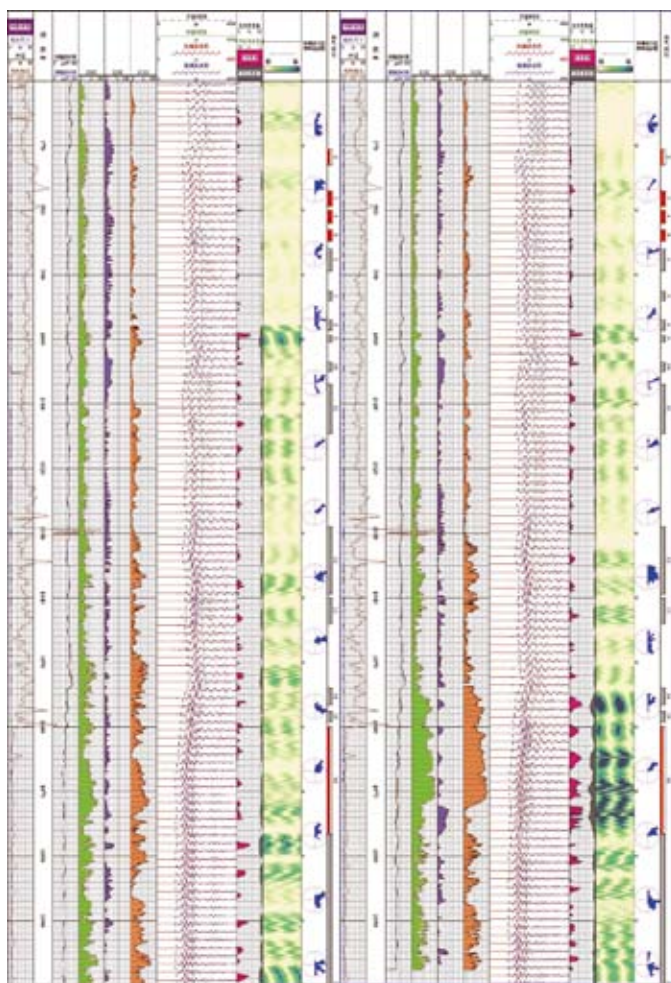
阵列感应测井仪 (MIT) 分布在国内的吉林、长庆、华北、吐哈、青海等油田，以及在乌兹别克等国成功应用。特别是在长庆油田正式投产应用以来，截至目前已测井解释 114 口，资料合格率达 100%，优等品率达 92.10%，发现了多个新油气层，并经试油证实，使探井解释符合率明显提高，成为长庆油田发现识别油气层的锐利“武器”。





(2) 阵列声波测井仪应用实例

阵列声波测井仪（MPAL）在内蒙古二连油田砂岩套管井射孔压裂后检测裂缝发育程度、纵向裂缝延伸高度等方面具有良好的应用效果。巴XX井MPAL压裂前后各向异性图对该井油层段射孔后压裂前、后阵列声波资料各项异性处理结果进行了对比，图中在射孔段及相邻层横波显示出了较强的各向异性，反映了地层的压裂改造情况。压裂前抽汲日产油0.72t，压裂后抽汲日产油6.33t，水1.59m³。



(3) Elog 快速与成像测井应用实例

ELog® 快速与成像测井在大庆、辽河、长庆、华北、冀东等油田成功推广，共完成测井 1.6 万余井次，作业一次成功率达到 95% 以上，作业时间每口井平均缩短 6 小时，综合识别准确率达到 90% 以上。

在海外市场，ELog® 快速与成像测井在乌兹别克斯坦成功完成 21 井次测井作业，包括成像作业 10 次，通过测井评价，新发现油气层多个，油井产量由原来的 6t 提高到 60t。

(4) LEAD 一体化处理与解释软件应用实例

LEAD® 一体化处理与解释软件累计处理了超过 10000 井次资料，提高了测井资料解释的工作效率。该软件已经成为中国石油集团测井有限公司的主力解释软件，并在华北油田公司、青海油田研究院、南方测井公司、中海油服务公司、长城钻探测井公司、大庆钻探测井二公司（吉林）推广应用，同时在中国石油大学、西安石油大学、长江大学等单位的教学和科研工作中取得良好应用效果。

4

科研装备

(1) 成套测井装备制造基地

中国石油拥有国内最大的测井装备制造基地，拥有多条 EILog[®] 成套测井装备生产线、阵列感应测井仪 (MIT) 生产线和多极子阵列声波测井仪 (MPAL) 生产线，具备年生产 40 套 EILog 成套测井装备以及 60 支阵列感应 (MIT) 等成像系列仪器的能力。同时，还拥有高温高压试验系统、震动试验系统、高 / 低温试验系统、干 / 湿度试验系统、感应仪器刻度装置、连斜仪器刻度装置等专业配套的检测设备。



EILog[®] 成套测井装备生产线



阵列感应 (MIT) 生产线



UltraPoreTM-300 孔隙度测试系统



CM-300 岩心多参数自动测量系统



UltraPeamTM-400 渗透率测试系统



岩心核磁共振 (NMR) 分析仪



岩心超声扫描成像仪

(2) 测井重点实验室

中国石油测井重点实验室拥有亚洲最为完善的实验设备、模型试验与刻度井群和测井解释工作站系统 40 套，具备开展测井信息综合处理与解释服务能力。测井重点实验室通过了 QHSE 国际质量体系认证和实验室国家计量认证。



补偿中子、密度测井仪器一级刻度井群



中子寿命仪器一级刻度井群

(3) 测井刻度中心

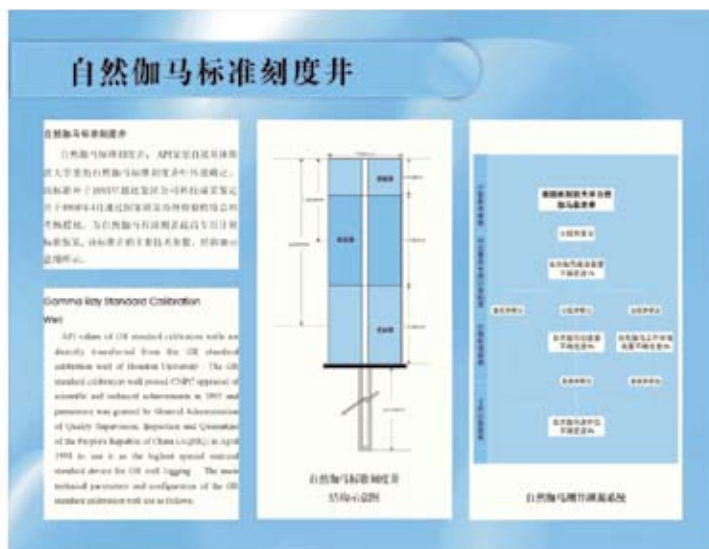
中国石油测井刻度中心配备了国内行业最高计量标准的标准装置和工作计量标准装置，具备对测井仪器和二级标准器进行检定、校准和刻度等量值传递能力，承担中国石油测井仪器计量检测标准和规范的制定任务。



密度二级刻度器



补偿中子二级刻度器



5

资质与标准

(1) 企业资质



(2) 技术标准

中国石油为测井采集处理解释一体化装备与技术制定了企业标准共 29 项。其中包括产品编码命名及标识标准 1 项、产品标准 23 项，测井验收标准 3 项和通用件标准 2 项。

6

专家团队



孙宝佃 高级测井技术专家，中国石油集团测井重点实验室学术委员会委员。主要从事测井资料最优化解释方法、碳酸盐岩测井解释工作站软件、高含水特高含水期剩余油分布的测井机理与测井新方法、聚焦型激发极化和自然电位测井仪、低阻油层解释方法等项目研究。在国内核心刊物上发表论文 20 多篇。



陈文辉 高级测井技术专家。长期从事测井采集软件的开发工作，主持开发 ELog[®] 成套测井装备 ACME1.0/2.0 测井采集软件。



余春昊 高级测井技术专家。长期从事测井处理解释软件开发工作，主持开发完成 LEAD[®]1.0/2.0 软件。



联系人：刁顺 先生
电 话：59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

