



首届中国石油工业 录井技术交流会论文集

2011

PROCEEDINGS OF CHINA
MUDLOGGING TECHNOLOGY
CONFERENCE

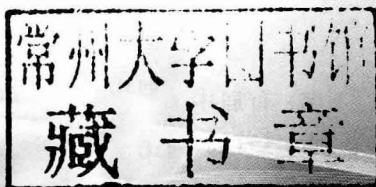
《首届中国石油工业录井技术交流会论文集》编委会

中国石油大学出版社

首届中国石油工业 录井技术交流会论文集

2011

《首届中国石油工业录井技术交流会论文集》编委会



中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

首届中国石油工业录井技术交流会论文集/《首届
中国石油工业录井技术交流会论文集》编委会编. —东营
: 中国石油大学出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-5636-3552-8

I. ①首… II. ①首… III. ①录井—学术会议—文集
IV. ①TE242. 9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166833 号

书 名: 首届中国石油工业录井技术交流会论文集
作 者: 《首届中国石油工业录井技术交流会论文集》编委会

责任编辑: 秦晓霞 高 颖 (电话 0532—86981532)

封面设计: 王凌波

出 版 者: 中国石油大学出版社 (山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0532—86981532, 0546—8392791)

开 本: 185 mm×260 mm 印张: 36.75 字数: 863 千字

版 次: 2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 95.00 元

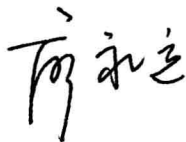
序

录井技术是发现油气和保障钻井安全的基础技术之一,也是石油工程技术的重要组成部分,主要特点是及时、直接。通过近一个世纪的发展,录井已从过去单纯的手工操作、肉眼观察、定性描述模式,发展成为应用多种仪器装备,集资料采集、处理和解释为一体的石油勘探开发技术。通过使用声、光、电、核、磁、萃取、热解等各种先进的物理或化学方法,录井成为一种相对独立的,与石油物探、测井并列的,涉及石油地质学、石油工程学、地球化学、计算机科学、信息工程学等多种学科的综合技术。

近年来,随着石油工程技术的整体发展,录井技术取得了长足的进步。它在油气层识别与评价、钻井工程异常监测与预报等方面发挥了重要作用,为油气勘探开发和工程施工安全做出了积极的贡献,因而被誉为勘探开发的眼睛、钻井施工的参谋、信息传输的中枢。但是,随着油气勘探开发环境的变化,钻井工艺技术的快速发展,录井技术在地质、工程两方面的应用都遇到了挑战。新的勘探开发形势对录井工程技术的发展提出了更新、更高的要求。因此,加快新技术、新工艺的研发,推动技术进步已成为录井发展的必然选择。

为满足录井技术发展的需要,2011年9月,中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司和中国海洋石油总公司在北京联合召开了首届中国石油工业录井技术交流会。大会展示了近年来我国录井新理论、新技术、新工艺的进展及其在地质、工程等方面的应用成果,交流了录井资料采集、录井资料处理、油气层解释与评价、录井装备研发及录井信息等领域的最新成果、新进展和新认识,分析了新形势下录井所面临的形势和任务,明确了录井技术发展的方向。录井技术必须服务于油气勘探开发,服务于钻井提速提效,服务于安全生产,服务于效益发展的指导思想已成为大家的共识。会议对提升录井业务发展水平、促进录井技术的发展具有迫切的现实意义和长远的指导意义。

本书优选的大会论文,反映了近年来录井技术发展现状,既具有较高的学术水平又具有宝贵的实用价值。希望通过本书的出版,对广大录井科研人员和石油勘探开发技术工作者了解我国录井技术发展现状、探讨录井基础理论、开展录井学术研究、掌握录井新技术、解决生产实际问题起到积极有益的作用。希望广大录井工作者创新思维,勇于探索,紧紧围绕油气勘探开发的需求,迎难而上,积极推进录井技术进步,充分发挥录井技术优势,在新的勘探开发形势下,为我国石油工业做出新的贡献!



2011年9月

前言

录井工程技术是石油天然气勘探开发工程技术服务的重要组成部分,近年来,在油气层识别与评价、工程异常监测与预报等方面发挥了极其重要的作用,为油气勘探和开发、工程技术进步及安全生产做出了积极的贡献。

2011年9月21日—22日,首届中国石油工业录井技术交流会在北京召开,会议由中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司和中国海洋石油总公司联合主办,中石油长城钻探工程公司承办。石油录井技术装备、录井解释评价、录井软件领域的专家及工程技术人员,录井技术监督,录井管理领导与专家,有关石油大学及研究单位的知名学者和教授200多人参加会议。会议交流了近年来录井资料采集、录井资料处理、油气层解释与评价、录井装备研发及录井信息等领域的新技术、新进展和新认识,对推动录井技术进步具有极其深远的意义。

本次会议共收到论文121篇。通过大会技术委员会组织的专家组审核,优选了70篇论文汇编成此文集。这些论文基本上反映了当今我国录井技术发展现状,具有一定的学术水平和实用价值。相信本书的出版,对录井科研人员和石油勘探开发技术工作者了解我国录井技术发展现状、探讨录井基础理论、开展录井学术研究、掌握录井新技术、解决生产实际问题能够起到积极有益的作用。

本书在编辑过程中,梁久红、姚冰、陈光权、姬月凤、刘德伦、张卫、王志战、杨明清、李三国、刘丽萍、李富强、曹凤俊、孙继森、刘树坤等专家对论文进行了审核,并提出了宝贵的修改意见,中国石油大学出版社为本书的及时出版付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,出版时间紧张,书中难免有不当之处,敬请读者指正!

编者

2011年9月

目 录

中国石油工业录井现状及发展对策	刘应忠 李一超 刘振江 (1)
录井技术的学科定位及专业建设构想	陈恭洋 龚文平 夏宏南 桂志先 (13)
录井技术在海洋油气勘探中遇到的挑战和思考	 孙金山 李建周 蒋钱涛 吴昊晟 (22)
井场信息中心构建与应用	王悦田 吕文起 莫晓光 薛俊岭 (28)
地下随钻气体检测技术现状与进展	张 卫 陆黄生 (35)
对工程录井现状与前景的思考	朱根庆 (41)
录井技术在钻井井控中的作用	甄 建 邵玉田 刘树坤 梅 萍 (48)
地化录井技术现状与展望	李玉桓 刘应忠 (58)
三维定量荧光录井技术在南堡油田的应用	姬月凤 熊正祥 马青春 刘永泉 (64)
核磁共振录井技术进展与展望	王志战 (79)
光谱录井技术现状及发展趋势探讨	余明军 严国平 李油建 李胜利 (85)
录井装备技术现状及发展趋势	王 印 王伟东 魏 兵 (91)
录井新技术在渤海油田油气快速评价中的实践与效果	谭忠健 尚锁贵 吴立伟 (99)
录井综合导向技术研究及推广应用	曾永文 李国红 夏 勇 (110)
“定录一体化”技术服务优势探讨	王振华 张晋元 邱田民 王晓阳 (115)
水平井录井导向技术在胜利油区的研究与应用	徐洪泽 渠效文 王 嘉 (123)
页岩气录井技术要点及对外合作启示	韩永刚 濮 瑞 徐鸣祥 庞江平 (132)
煤层气多分支水平井随钻伽马地质导向技术探索与应用	 纪 伟 姜维寨 孟宪军 于海军 (141)
元素录井技术研究	李一超 谢元军 邱田民 王晓阳 (149)
拉曼激光气体分析录井技术研究	李一超 施 强 王崇敬 夏 杰 (158)
钻柱振动频谱技术工程录井可行性研究	王崇敬 唐 诚 (166)
深水综合录井新技术及应用	李建周 蒋钱涛 孙金山 李 建 (170)
大庆油田开发水淹层录井评价技术	耿长喜 马德华 (181)
岩屑数字图像录井技术研究与应用	冯杏芬 刘志刚 孟韶彬 (188)
工程录井预警系统在塔里木油田的应用研究	王国瓦 李 新 侯艳伟 李 广 (195)
碳酸盐岩储层功指数快速识别与评价技术	张以明 纪 伟 李金顺 唐邦忠 (202)
随钻压力监测与分析技术在准噶尔盆地的应用与改进	 杨天方 胡道雄 王 晨 蒲国强 (210)

INFACT 气测录井解释方法在北部湾盆地的应用	王 雷 郭书生 杨红君 林玩雄 (219)
油气层录井综合解释与评价技术新进展	慈兴华 (228)
钻井液核磁共振录井技术应用研究	杜焕福 王志战 王 鑫 (239)
济阳坳陷深层天然气随钻识别与评价方法研究	许小琼 王志战 慈兴华 李云新 (248)
CO ₂ 气层录井识别影响因素分析与解释评价	杨光照 关有义 滕工生 (255)
FOCUS 水平井录井系统计算机图形技术	晏高明 李三国 王新玲 吴宝军 (261)
PDMS 膜在油水介质中的脱气实验	郑奕挺 万亚旗 (268)
大庆油田录井资料处理技术新进展	耿长喜 赵淑英 刘丽萍 曹凤俊 (275)
高频核磁共振随钻录井技术研究	王飞龙 梁栋全 张晋元 邱田民 (281)
核磁共振测录井技术在胜利油区勘探开发中的应用	谢关宝 王志战 范宜仁 李三国 (289)
核磁共振录井技术在高显示出水层评价中的应用	滕工生 孔郁琪 王庆娟 (299)
雷达图和云模型技术在录井油气显示解释中的应用	赵红燕 吴丽萍 石元会 黄 强 (307)
荧光显微图像定量化参数评价油水层及水淹层方法研究	马德华 刘丽萍 (315)
致密碳酸盐岩气层录井综合识别方法	石元会 褚卫华 赵 霞 石文睿 (322)
低阻油层、水淹层快速识别与评价	黄小刚 孙恒君 孙金山 (329)
LH6 低阻油藏的录井识别和测井测试评价	杨少坤 李建周 孙金山 陈新益 (336)
欠平衡录井技术在歧口凹陷钻井施工中的应用	马 红 张春林 (341)
大庆深层火山岩气层录井资料处理与解释	王 丽 (354)
冀中探区两种特殊烃组分油藏的认识与评价	宋义民 沈 华 吴章武 黄其贵 (365)
录井技术在安深 1 井页岩油气解释评价中的应用	方锡贤 (375)
歧口凹陷湖湾区复杂岩性储集层录井评价	刘伟兴 王振升 张春林 彭洪波 (385)
气测录井资料皮克斯勒解释图版的拓展应用	余明发 (394)
随钻地层压力录井技术在高温高压井中的应用	毛 敏 郭东明 (408)
随钻钻柱振动声波技术在塔里木超深井和水平井中的应用实例分析	高 岩 邹克元 董樱花 王晓儒 (417)
钻具振动录井技术在苏丹 6 区的应用	郑应钊 宫 晓 刘明波 邓 南 (430)
精细随钻录井与分析研究技术在苏北盆地油气勘探开发过程中的实践与应用	蔡福华 马俊芳 马 静 吕艾新 (436)
录井技术在长岭断陷火山岩储层评价中的应用	全 杰 (441)
潜山油藏优势储层划分的录井解决方案	郭 晖 (448)
长城录井解释评价技术现状及发展方向	陈光权 倪有利 王春辉 (459)
一种利用 Pr、Ph 判断油水层的方法	李 芳 邹筱春 (465)
新型岩化技术在碳酸盐岩录井中的应用	韩永刚 熊驰愿 濮 瑞 李永保 (472)
川东北地区碳酸盐岩水平井地质导向技术研究	冉 飞 (480)

信息服务一体化平台建设	陈玉成	李金锁	刘 莹	(488)
录井信息技术在吐哈油田的应用	姚志刚	岳思录		(498)
水平井随钻监控与分析技术平台	闫慧珍	孟韶彬	柳金钟	杨优磊 (503)
胜利油区单基站 CORS 系统的构建及在井位测量中的应用				
.....	董玉东	徐 刚	刘 沙	(512)
俄罗斯综合录井装备初探			杨明清	(519)
防爆技术在录井设备上的应用探讨	张惠莲	吴 刚		(528)
综合录井仪通用接口研究及应用	周发举	章江海		(534)
无线钻井参数监测系统的设计与实现	刘 剑	马同奇	沈 铁	刘芙蓉 (542)
气体钻井条件下迟到时间计算与校正			李富强	(550)
无线通信技术在综合录井中的应用	李三国	谢关宝		(558)
一种基于神经网络的电导率传感器温度补偿			倪初明	(566)

中国石油工业录井现状及发展对策

刘应忠^{1*} 李一超² 刘振江³

(1. 中石油工程技术分公司; 2. 中石化油田工程管理部; 3. 中海油勘探部)

摘 要: 本文回顾了中国录井业务的历史, 从录井资料采集、资料处理、解释与评价、装备与软件、录井信息等几方面总结了我国录井技术发展的现状, 以及录井技术对勘探开发所做的贡献, 全面分析了行业发展所面临的挑战。提出了做好行业发展规划, 建立有效科研体系, 加快科学技术进步, 加强录井学科建设, 注重录井人才培养, 实施国际化战略, 强化行业自律等发展对策。

关键词: 录井技术 历史 发展现状 应用成果 挑战 对策

0 引 言

录井是油气勘探开发活动中最基础的技术之一, 是发现、评价油气藏最及时、最直接的手段。经过近一个世纪的发展, 录井从过去单纯的手工操作、肉眼观察、定性描述, 已发展成为应用各种先进的物理或化学方法, 集资料采集、处理和解释为一体的, 涉及石油地质学、石油工程学、地球化学、计算机科学、信息工程学等多种学科的石油勘探开发综合技术。当前, 录井业务的主要任务是做好两个保障: 一是发现并准确评价油气层, 为油气勘探开发提供保障; 二是实时监测、及时预报, 为钻井安全施工提供保障。因而, 录井被誉为勘探开发的眼睛、钻井安全的参谋、信息传输的中枢。近年来, 随着油气勘探开发环境的急剧变化, 以及钻井工艺技术的快速发展, 各录井企业面对新形势和新挑战, 不断加大科技投入, 积极应对, 使录井技术取得了长足的进步, 为我国油气勘探开发做出了应有的贡献。

1 录井业务的发展概况

录井技术与石油工业同时诞生, 与石油勘探开发共同发展。若以孙建初先生在玉门油矿开展钻井地质工作算起, 我国录井技术的发展历程可分为四个阶段:

(1) 第一阶段(1955 年以前)为手工录井阶段。录井服务主要包括井深测量、地质描述等, 没有任何录井仪器, 是纯粹的手工录井阶段, 记录井深和钻时都要靠在方钻杆上画记号。技术以岩屑、岩心肉眼观察与描述为主, 以建立地质剖面、发现油气层为主要目的。录井工作由钻井队的地质组完成。

* 作者简介: 刘应忠, 1967 年生, 高级工程师, 1988 年毕业于江汉石油学院石油地质勘查专业, 现在中国石油天然气集团公司工程技术分公司从事录井技术管理工作。地址: 北京市东城区东直门北大街 9 号; 邮编: 100007; 联系电话: (010)59985418; E-mail: lyzhong@cnpc.com.cn。

(2) 第二阶段(1955—1983年)为气测录井阶段。以首次引进前苏联半自动气测仪为标志。由于气测仪的投入使用,井深可以自动记录,开始检测钻井液中的烃类物质,大大增加了发现油气层的机会。地质录井开始推广应用荧光录井技术。录井职责除了发现油气层外,还开始了简单的油气层评价工作。此阶段进口仪器有前苏联、法国生产的气测仪。国产录井仪有红球牌半自动气测仪、QC-661、QC-701气测仪等。地质人员继续归井队管理,气测人员归测井站管理。

(3) 第三阶段(1983—2000年)为综合录井阶段。以规模引进联机综合录井仪为标志,先后引进了美国的 EXXLOG、法国的 TDC 等多种国外品牌的综合录井仪。在原石油部勘探司的指导下,引进、消化、吸收的基础上,国产综合录井仪相继开发成功并投入使用。1989年的塔里木会战对国内综合录井技术的发展起到了至关重要的作用。与此同时,许多新的录井技术快速发展起来。1989年地化录井技术首次在冀东油田开始试验,在20世纪90年代发现板桥凝析油藏过程中发挥了巨大的作用。1992年PK仪问世,拉开了核磁共振录井技术应用的序幕。1996年定量荧光技术应用到录井,使现场快速评价储层物性成为可能。此阶段录井技术从地质应用扩展到工程应用;地质应用从以识别油气层为主发展为发现与解释评价并重;工程应用重点在工程异常预报、地层压力预测方面。管理上,油田开始在内部进行专业化重组,把录井业务从钻井和测井中剥离。1983年国内第一家合资录井公司中法地质服务公司诞生,使海上录井技术的发展进入快车道。1985年大庆油田、中原油田几乎同时成立了国内陆上第一批专业化管理的录井公司。此后,各油田的录井公司先后成立。1995年北京录井技术公司成立,并于1997年首次开始服务于海外。

(4) 第四阶段(2000年以后)为网络阶段。以2000年首次应用GSM成功实现录井数据的实时远程传输为标志。随后应用GPRS、CDMA、卫星等传输工具,逐步建立起了以综合录井仪为核心的井场数据中心,实现了跨专业的信息共享,使生产指挥方式发生了革命性的变化。同时,光谱技术、成像技术引入到录井技术中。MWD/LWD与综合录井技术融合产生了水平井录井综合导向技术,使录井技术得到进一步的提升。

目前,直接从事录井技术服务的中国企业超过70家,其中,中石油、中石化及中海油所属21家,民营企业超过50家。录井队伍总量超过2000支,其中中石油1263支,中石化635支,中海油53支,民营队伍约有450支左右。年录井能力2万口井以上,其中海上录井施工能力约500口。录井企业的年总收入为50亿人民币左右。2010年底,录井从业人员2万人左右,三大石油公司用工总量约1.7万人,其中大中专以上学历约占71%,从业人员文化程度普遍较高。现在,中国录井企业已经全面参与国际竞争,已有229支录井队服务于全球五大洲27个国家和地区,主要分布在中亚和非洲。

为了满足录井技术快速发展的需要,长江大学开始了录井学科的创建工作,得到了国家教育部的批准,2011年开始招收录井本科学学生,同时成立了录井技术研究所,为录井技术发展提供了理论研究支持。中石化工程院测录井研究所、胜利油田博士后科研工作站录井分站的相继成立,都为录井技术的长远、深入发展创造了良好的条件。

2 录井技术现状

近年来,录井工程围绕油气勘探开发需求,依靠科技进步,以地质录井、气测录井、工程

录井为基础,发展了地化、定量荧光、核磁共振、成像等多种方法和手段,计算机技术、网络技术的应用使录井量化、可视化得以实现。逐步形成了包括井位测绘、地质研究、资料采集、资料处理、资料应用、装备研发、井场信息在内的多样化、系统化、集成化的现代录井技术体系,并在油气勘探开发实践中取得了良好的应用效果。

2.1 录井技术主要进展

2.1.1 录井采集技术加速发展

地质录井继续以岩屑、岩心、井壁取心等实物样品为核心,在常规描述的基础上发展了岩心扫描、显微图像等数字成像技术;气测录井引入了快速色谱技术,分析速度更快,检测范围进一步扩大;工程录井利用采集到的钻井工程及钻井液参数进行工程异常预报,为安全钻井提供服务;地化录井利用岩石热解、热解气相色谱、轻烃气相色谱等地球化学分析方法,对岩石烃类物质进行分析,判断储集层流体性质,已经成为评价水淹程度不可缺少的手段;定量荧光录井提高了地质录井在快速钻井的复杂条件下发现轻质油气层的概率;核磁共振录井实现了钻井现场快速评价储层物性。元素录井技术创立三年以来,通过在冀东、大牛地等油气区的应用,为复杂钻井条件下岩性识别探索出了一条新的途径。目前,基本形成了PDC、欠平衡、水平井等特殊钻井工艺条件下的录井采集技术。

2.1.2 资料处理技术日趋完善

在随钻资料处理方面,加强了随钻地层压力处理、井底地层温度计算、钻井工程状态处理判断等,在油气层保护及钻井施工安全方面发挥了重要作用(见图1);为使录井油气显示信息更接近地下原始状况,探索了气测录井参数环境影响因素校正技术、岩石热解分析参数校正技术、录井评价参数的求取方法,为录井油气层解释评价奠定了基础;在完井资料整理方面,形成了录井现场原始资料处理技术、综合录井图成图技术。录井资料综合处理技术的研究取得了突破性进展,实现了录井资料的系统化且全井连续处理。应用综合录井资料评价储层物性的技术实现了建立录井储层剖面的自动化。但由于缺乏井筒模拟实验室的支撑,录井资料处理仍是一个薄弱环节。

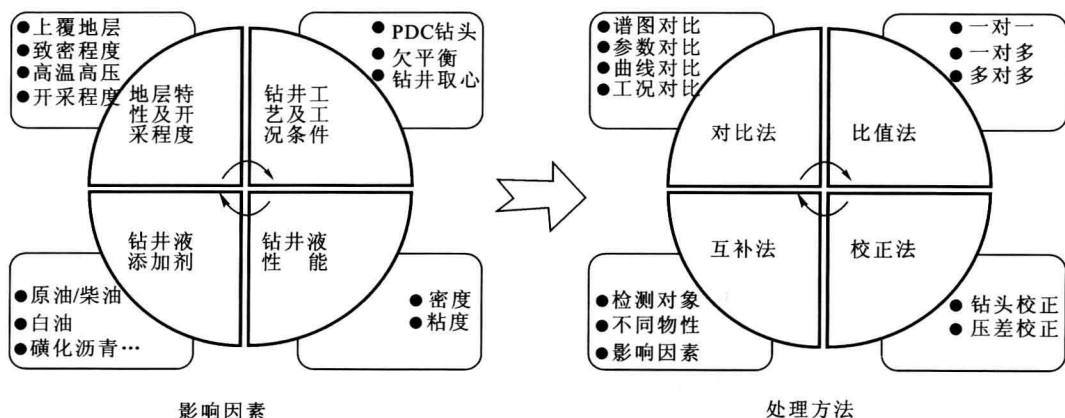


图1 录井资料的影响因素及处理方法示意图

2.1.3 解释评价技术不断创新

根据油气勘探开发的需求,形成了原油性质评价、有效储层识别、储层流体性质识别、水淹层评价、油气产能预测等配套技术。融合了多个单项技术的录井油气水层综合解释评价技术,可在钻井现场进行快速解释,更加注重随钻分析,解决录井地层、断层判断、油气显示落实、油气水判定、放空及井漏层位判识。结合综合资料,地质导向师在钻井现场依据所建立的油藏模型,为水平井施工提供了地质导向服务,大大提高了油气层钻遇率;室内综合解释评价从只关注地层纵向地质情况向关注地层横向,乃至整个油藏转变。结合现场实时资料,进行多井对比,综合解释符合率不断提高。如,大庆油田水淹层录井解释评价准确率达到93.5%,胜利油区砂砾岩油气层的评价准确率达到91.9%,深层气层解释符合率达到93.3%。

2.1.4 装备研发技术取得新进展

随着快速色谱、无线传感、定量脱气等新技术的应用,综合录井仪整体性能得到了很大提高,总烃和组分的最小检测质量浓度由100 g/L左右降低到了1 g/L, $C_1 \sim n-C_5$ 七种组分分析周期由4 min缩短到0.5 min,甚至更短。在神开、22所、中科油等传统录井装备生产企业注重仪器性能提升的同时,中石油、中石化录井企业也开始步入录井装备研发制造的行列,雪狼、德玛、探索者、LP-PM、NLS等一批自主研发的综合录井仪相继诞生。国产自主品牌录井仪在指标上达到了国际先进水平,资料处理方面更加符合中国规范和使用习惯。与此同时,地化、定量荧光、岩心扫描等新技术录井设备功能与性能都得到提升,并有元素录井仪、岩心含水检测仪、综合录井仪检测装置等一批新产品投入使用。

2.1.5 录井信息化水平快速提升

以录井资料自动采集、报表自动生成、图件自动绘制为主要内容的录井资料计算机处理软件快速发展,基本结束了手工作业的历史。现场录井资料电子化、岩心扫描可视化、实时采集、远程传输、视频监控、远程专家协助在录井专业都已实现。录井资料信息从录井现场采集—卫星传输—基地处理与管理—网络发布,形成了较完整的录井信息技术体系,使管理者能实时了解国内外井场工作状态和井下地质信息,并为决策部门发布生产指令及部门内部的资料共享提供了便利条件。目前全行业内可同时为1 250余部国内外钻机提供实时数据传输服务。

2.2 录井技术应用成果

2.2.1 及时发现和评价油气水层,为油气勘探开发提供保障

近年来,国内三大石油公司所属各录井企业不断增强服务意识,加强录井过程控制,针对不同油气藏,采用不同的录井技术方法,不漏掉每一处油气显示,准确评价每一个油气层,为增储上产做出了应有的贡献。据中石油及中石化两家的统计,2010年,在探井上发现并评价油气显示层14 215层共68 058 m,在开发井上发现并解释72 047层共374 642 m。由于认真开展了现场随钻分析工作,在675口井的录井施工中,现场因新的油气发现而提出加深钻探建议,累计发现设计外1 201层共5 547 m油气显示层,创造了较好的经济效益,为我国探明油气储量的增长及油气开发任务的完成发挥了不可替代的作用。

2.2.2 发挥录井技术优势,为钻井综合提速做贡献

在钻井过程中充分发挥录井技术的实时性、及时性优势,特别是综合录井仪在钻井工程中的实时监测作用,及时监测事故前期异常变化,准确预报可能的事故,最大限度地避免或减少事故与复杂情况的发生,为安全、快速钻进保驾护航,为钻井提速、提效发挥特有的作用。

(1) 应用综合录井技术,提高预报能力,减少或避免各类工程事故(复杂)的发生。据不完全统计,2010年,三大石油公司所属录井企业共监测到工程异常15 249次,预报符合率达到98.15%,实现了尽早发现事故隐患,节约了钻井作业成本,降低了钻井风险,同时为处理工程异常赢得了时间,提高了钻井速度,减少了经济损失。

NJ21-2-X1井是南海莺琼盆地的一口高温高压井,在钻进到2 510~2 520 m井段时,岩性无变化,但机械比能(MSE)值增大(见图2)。录井工程师建议调整钻井参数以提高机械钻速,钻井监督听取建议后适当增加顶驱转速,机械比能(MSE)相应降低,机械钻速由原来的10 m/h提高到了25 m/h,最终本井比计划提前完钻3天。

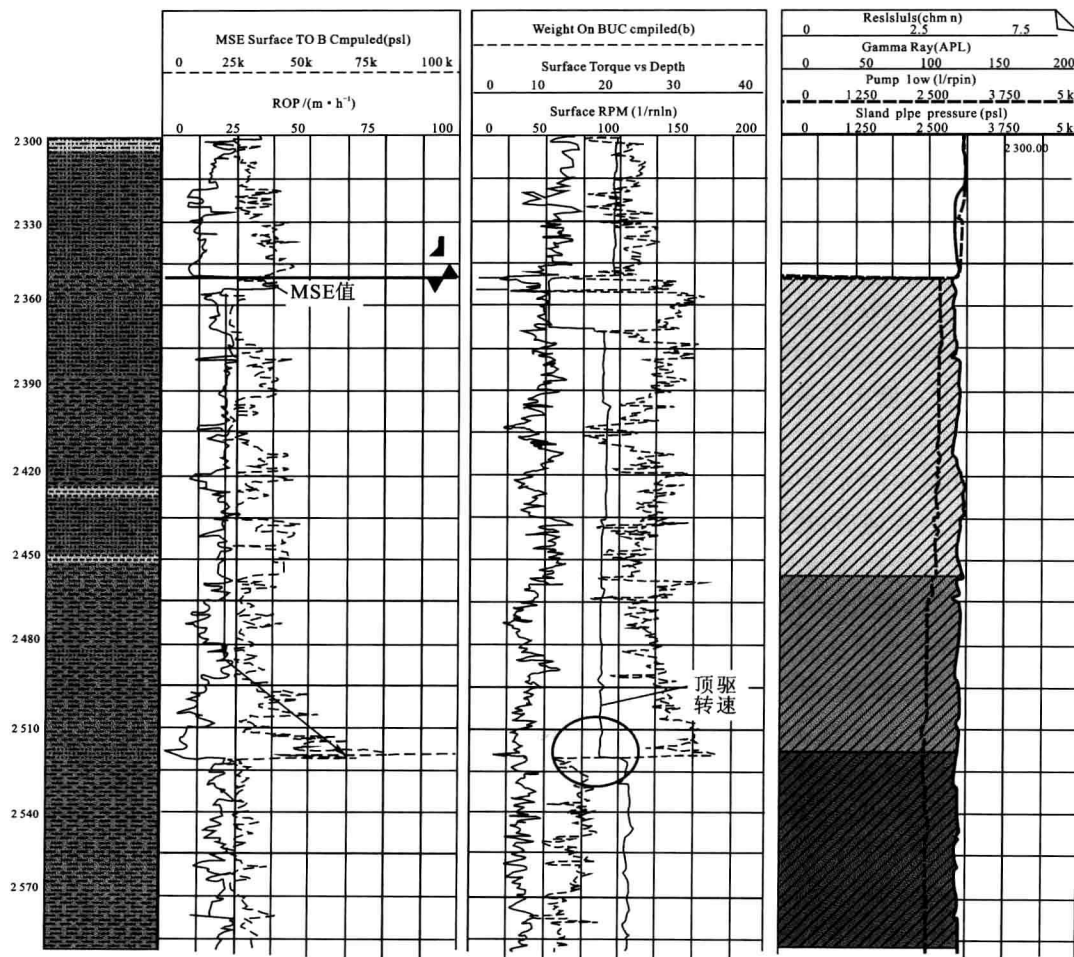


图2 NJ21-2-X1井综合录井图

(2) 加强随钻地层对比分析,卡准地质层位,及时调整钻井施工方案,减少无效施工,直接“提速提效”。一是卡准完钻层位,直接节约钻井成本。完钻目的层位比设计提前时,录井队卡准完钻层位就可以提前完钻,少打无用进尺。二是卡准取心层位,减少地质循环时间,同时,提高钻井取心成功率,减少测对比的次数,减少因地质原因引起的起下钻次数,可以直接达到钻井提速的目的。在完成地质目的的前提下控制取心进尺,有效避免因取心过多而影响钻井施工进度。三是卡准水平井入窗层位,引导钻头准确入窗,加强水平段地质导向,提高油气层钻遇率。如中石油某录井公司运用水平井录井综合导向技术,建立地质导向模型,准确把握小层变化,提出轨迹调整建议,明显提高了水平井油气层钻遇率。2010 年该公司提供录井综合导向服务的水平井达 120 口,平均油层钻遇率 94.5%,同比提高了 1.9%,与 2005 年相比提高了 12.5%。

(3) 细化录井井控措施,当好钻井井控的前哨。录井井控是钻井井控重要的组成部分,要利用综合录井仪所采集的各种参数,进行认真的、细致的、全面的分析,及时发现油气水显示,及时报告,当好前哨,为钻井控制井口、防范有毒有害气体赢得时间。如中石化录井队在 TK1009 井施工中,于井深 5 875.15~5 876.06 m 录井发现钻具放空 0.91 m,出现井漏,随之出现井涌,涌出原油、天然气及 H_2S 混合物, H_2S 达 3 000 mg/L,由于发现及时,预报准确,措施得力,避免了一起 H_2S 恶性事故的发生。

(4) 加强录井新技术,逐步适应钻井新工艺的发展,减少了影响钻井综合提速的因素。推广 PDC 钻井条件下的岩性识别技术,逐步解决 PDC 钻头使用带来的岩屑识别不清的问题。应用地化录井和定量荧光录井技术解决钻井液添加剂使用受限制的问题。这些录井新技术的现场应用,进一步解放了钻井生产力。

(5) 录井远程传输技术的应用,提高了决策时效,成为综合提速的有效手段。录井专业 2010 年为 3 494 口钻井现场提供了远程数据的实时传输,使决策部门了解现场信息、下达生产作业指令方式发生了革命性的改变,为钻井综合提速做出了积极的贡献。ATNB-0002 井是中石化在海外施工的一口重点井,发生钻井事故后,总部管理人员在北京借助远程传输系统,对录井曲线中的大钩位置、大钩载荷和扭矩等钻井实时参数进行分析,找出了事故发生的原因,与前线沟通后,现场很快采取措施将这起事故处理完毕,避免了更大的损失。

2.2.3 做好综合地质研究,为一体化服务提供技术支持

录井公司的前身大多是钻井公司的地质大队,具有较强的地质研究能力,也掌握着丰富的第一手资料。“十一五”以来,各录井公司加大投入,注重研究队伍和实验室建设,具备了地震资料处理与解释、综合地质评价、分析化验等服务能力,形成了精细地层对比、储层反演、构造解释评价、油藏评价、沉积相评价、三维地质模型可视化、数值模拟剩余油评价共七项成熟技术。服务项目由单井地质评价向区块整体综合评价与勘探目标优选方面发展;由单井地质设计向区块开发方案编制发展;由单一的随钻分析向精细油藏描述发展。形成了区块地质设计、现场技术支持一体化,地质研究带动了井筒技术服务的工程地质一体化良好局面。

在苏里格气田开发过程中,许多录井公司在 2008 年就承揽了一些合作区块地质综合研究、开发方案研究、井位部署及建设方案的编制工作,开展区域地层精细对比、地震 AVO 特征研究、储层研究、沉积微相研究、气藏特征研究等工作,在此基础上完善并确定了井位优选

技术和方法,取得了良好的效果。如苏 20 区块现已完钻各类井 200 余口,井位成功率为 100%,Ⅰ+Ⅱ类井比例达 90%以上。

3 行业发展所面临的挑战

录井专业通过近年来的努力,在各方面都取得了长足的进步,但是,由于录井专业发展基础差以及技术本身固有的局限性,未来五到十年,发展过程中还将会面临着诸多挑战。

(1) 勘探开发目标日益复杂,增大了油气储层识别与评价的难度。随着勘探开发的深入,目标日益复杂,录井评价的难度日益增加。录井行业还没有形成系统的技术理论体系来解决各种复杂油气藏的评价问题。复杂油气藏给录井带来的挑战主要体现在:① 复杂岩性油气藏:主要是碳酸盐岩、火山岩、变质岩和页岩。这类油气藏储层岩性复杂多变,非均质性强,储集空间复杂,使得录井技术在储层有效性评价上缺乏手段,再加上工程原因,评价精度不高。② 深层油气藏:地质和工程因素的双重叠加使得对该类油气藏的录井油气显示发现率降低,可能漏失油气层。③ 薄互层:对单层厚度在 1 m 以下的薄互层储层,因录井自身的采集精度所限,不可能做到对该类油气藏的准确评价。

(2) 钻井工艺技术快速发展影响了储层特征性信息的采集。随着水平井、欠平衡井以及其他钻井新技术、新工艺的普及应用,钻井施工中广泛采用 PDC 钻头或螺杆钻具,岩屑破碎严重,导致岩屑捞取、识别以及其他以岩屑为载体的分析化验困难,同时还会直接影响到地层压力录井的准确性。随着钻井速度的大幅度提高,对综合录井在钻井施工安全方面的监测也提出了更现实的要求。随钻测量技术和地质导向技术的进一步推广和应用,油基钻井液的大量使用,也对录井工程技术的发展提出了新的要求。

(3) 管理因素制约技术发展的现象依然存在。由于录井实现专业化管理较晚,集团层面没有专门从事录井技术研究的机构(中石化工程院测录井研究所 2009 年才成立),大专院校也没有录井专业,技术发展缺少学科支持(长江大学的学科建设刚起步),一些大型项目没有研究院所做依托。各录井公司作为生产单位,科研力量弱且分散,科研投入不足,基础理论研究没有能力进行,致使录井技术缺少基础理论的支持。对录井技术体系的研究,对录井技术发展方向的研究等更少,对录井前沿技术的认识,各家众说纷纭,不能统一思想,影响了录井技术向纵深发展,严重制约了录井技术行业的发展,致使录井技术的发展没有及时跟上勘探开发形势的发展,也落后于钻井工艺技术的发展。

(4) 国际化市场竞争进一步加剧。20 世纪 90 年代以来,随着录井技术的不断发展与成熟,国内录井企业开始走出国门,开展石油工程技术服务,与国际顶尖录井服务商同台竞争,取得了辉煌的成就,奠定了中国录井企业在世界石油工程技术服务中的地位。然而,2008 年的国际金融危机以来,随着国内队伍大量走出去,国际录井服务竞标中频频出现国内录井企业为了争夺市场恶性压价的现象。同时,北非、中东地区许多国家的局势动荡,使国际录井市场充满了风险。在新的国际形势、新的市场环境下中国录井企业如何开拓国际市场将面临巨大的挑战。

4 发展对策

针对录井发展所面临的挑战,录井人必须加强紧迫感,紧紧围绕油气勘探开发的需求,

制定科学的应对策略,迎难而上,才能使录井在新形势下健康发展。

4.1 明确录井技术定位,夯实录井发展基础

4.1.1 注重技术发展的顶层设计,做好行业发展整体规划

目前国内录井公司都制定了各自的发展规划,但是缺乏宏观的考虑,也不可能站在行业整体发展的层面上进行规划。在集团公司层面,“十一五”及以前没有完整的专业发展规划,现中石油、中石化录井业务管理部门已经制定了“十二五”录井专业发展规划,需要把录井的技术、人才的发展规划纳入集团层面的科技、人才专项规划中,建立起完善的录井科研体系,避免低水平重复研究。录井学科建设刚刚起步,长江大学在做好学科建设中长期发展规划的同时,应重点加强与录井有关的地质理论、录井参数的感测理论、异常情况的识别理论、油气层的解释评价理论等录井技术基础理论的研究。

4.1.2 完善录井技术标准体系,提升发展质量和水平

技术标准是支撑一个行业发展的基础,先进、适用的技术标准是提高录井服务质量的重要依据,也是提升国际竞争力的手段。录井技术工艺在不断发展,录井技术标准必须跟上整体工程技术发展的步伐。目前行业标准需要做两项重要工作:一是进一步完善录井技术标准体系。在制定新录井技术标准的同时,做好基础标准的建设,如“录井统计规范”、“录井专业技术术语”等。二是建立录井技术系列。随着录井技术的不断发展,单项的录井技术已达几十种,但不是每种技术方法都适应任何油气藏的特点,要研究单项技术的适应性,以及各项录井技术之间的互相关系,根据不同地区特点、不同储集类型、不同储层流体、不同井别建立起相应的录井技术系列与资料处理解释规范。

4.1.3 加强人才培养及队伍建设,提高企业能力和素质

人才是技术要素的主体。录井是人才密集型企业,目前已经出现高水平人才缺乏、一线人员年龄结构失衡、人员老龄化、人才流失等问题。要加强校企联合,着力培养一批综合性专业人才、复合性管理人才和对外合作国际化人才。企业要有留住人才的政策、机制,在队伍建设方面要优化队伍结构,提高单队作战能力。

4.2 瞄准可持续发展目标,创造健康的发展环境

4.2.1 积极推进管理改革,优化录井发展的政策环境

在录井技术发展的过程中,一些管理因素不同程度地影响了录井行业的发展,长期以来没有把录井作为一门独立的专业技术来发展,只当作钻井的辅助。到现在录井员工职称评定、职业技能鉴定都分属钻井、地质或其他类,没有专门的序列。服务价格不能体现录井的技术含量。当增加投入,强化工程录井,使整体勘探开发效益提高时,录井单位的收入不但不增加,有时反而下降。钻井综合提速的效益不能惠及录井,没有形成良性循环。类似的问题希望引起各级领导的重视,特别是行业高层领导的重视。切实解决行业发展中的实际问题,进一步优化行业发展的政策环境。

4.2.2 加强技术交流与合作,营造浓厚的录井学术氛围

针对目前各录井公司技术发展不平衡的问题和油气勘探开发对录井技术的需求,我们组团参加国际专业学术交流会,考察国外工程技术服务企业录井业务发展现状,了解和跟踪

国外录井技术的发展趋势。加强国内同行间的技术交流与合作。力争能在石油学会中成立一个录井学组,每两年组织一次行业内的新技术应用和研究成果报告交流会,不定期组织专题技术研讨会,搭建起有效的沟通交流平台。充分发挥好《录井工程》、《中国石化测录井动态》、《中国录井网》等行业沟通交流的平台,营造浓厚的录井学术氛围。

4.2.3 加强录井行业自律,创造公平竞争的市场环境

由于队伍的持续增加,录井中低端市场供大于求的局面已经形成,竞争不可避免地逐年加剧,国内外都出现了同行间恶性竞争的现象,导致投标时服务价格不断走低,背离定额,甚至低于成本。而不断走高的成本将会使录井企业难以为继,可持续发展将成为空谈。录井企业要以诚信为本,坚决反对不正当竞争,自觉抵制严重扰乱市场的行为,建立有效的合作机制,为中国录井的健康发展创造良好环境。

4.2.4 坚持多元化发展,拓宽专业成长空间

随着油气勘探开发的发展,工程技术服务的专业融合现象越来越明显,录井成长环境发生了很大的变化。录井在完成好自身任务的同时,发挥技术优势,单独或合作为相关专业提供力所能及的衍生服务,是提高录井企业可持续发展的一条有效途径。国外的录井企业为行业的发展提供了可借鉴的经验,一般60%~70%的收入来自纯录井服务。国内录井企业功能单一、服务能力单一,大多数企业收入全部来自录井服务,缺少持续成长的后劲。录井必须创新思维,发挥技术优势,除录井技术服务外,也做一些与录井相关的技术服务工作,以拓宽自身成长空间。钻井前,可以做一些勘探项目优选、区块评价等方面的工作,为工程技术服务企业一体化综合解决方案提供支持;钻井中,可以在钻井现场发挥录井地质的优势,协助做好随钻技术服务工作,也可以为“数字化”井场提供技术支持;完井后可以做测试资料采集、产层的动态评价与监测等工作。

4.3 围绕油气勘探开发需求,加快录井技术进步

新技术、新方法的开发研究,是促进录井技术持续发展的关键。根据录井技术发展现状和油气勘探开发对录井技术的新需求,并结合国内外录井发展趋势,“十二五”及未来一段时期,录井工程技术应以重大项目攻关为龙头,着重推广应用水平井录井综合导向等一批成熟技术,攻关完善工程异常实时智能预警等一批关键技术,研究探索随钻地下流体分析等一批前沿技术,形成一套满足特种油气层识别与评价,适应特殊钻井工艺条件的现代录井技术体系,赶上国外先进录井水平,带动一批相关高新技术产业的发展,为油气勘探开发及钻井施工安全提供强有力的技术支持。

4.3.1 推广应用9项成熟技术,形成集成配套优势,提高勘探开发效果

(1) 地化录井技术:包括岩石热解录井、轻烃录井、罐顶气分析、组分分析等应用地球化学分析方法进行录井的技术。岩石热解经过20多年的发展,已经十分成熟,并得到了广泛的应用。轻烃录井技术可以得到 C_9 以前正构烷烃、异构烷烃、环烷烃、芳烃等100多个单体烃类的浓度和相对百分含量,根据其变化来判别储层性质和水淹程度。该技术在现场取样过程中不需要挑选砂样,解决了PDC钻井条件下砂样无法挑样和定性、定量分析的困难。

(2) 定量荧光录井技术:通过测量样品中的萃取物质,可以对储层的含油浓度及原油性质进行快速定量分析与评价。该技术已在各油田广泛应用,下一步要发挥好其在排除钻井