



中国石化
SINOPEC CORP

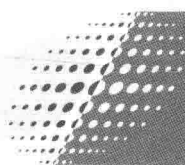
油田企业HSE培训教材

测井与射孔

总主编 卢世红
主 编 董经利



 中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



中国石化
SINOPEC CORP.

油田企业HSE培训教材

测井与射孔

总主编 卢世红

主 编 董经利



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

测井与射孔 / 董经利主编. —东营: 中国石油大学出版社, 2015. 12

中国石化油田企业 HSE 培训教材 / 卢世红总主编
ISBN 978-7-5636-5055-2

I. ①测… II. ①董… III. ①油气测井—技术培训—教材 ②油气钻井—射孔—技术培训—教材 IV. ①P631.8
②TE257

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 322617 号

丛 书 名: 中国石化油田企业 HSE 培训教材

书 名: 测井与射孔

总 主 编: 卢世红

主 编: 董经利

责任编辑: 阙青兵(电话 0532—86981538)

封面设计: 赵志勇

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: zhiyejiaoyu_qqb@163.com

印 刷 者: 青岛国彩印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86983560, 86983437)

开 本: 170 mm×230 mm 印张: 11.5 字数: 219 千字

版 次: 2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

☆ ☆ ☆ ☆
☆ ☆ ☆ ☆

编审人员

总 主 编 卢世红

主 编 董经利

副 主 编 张 波 王京平

编写人员 王树松 宁兆同 刘 涛 贾乐国 王 宁
李明厚 项国庆 张 彦 李 霏 李海举

审定人员 (按姓氏笔画排序)

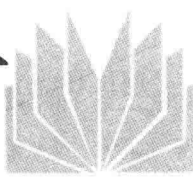
刁林涛 王云飞 王京平 王绍刚 王树松
申英杰 白金云 向春堂 庄金勇 李 明
李明厚 张临邑 陈 胜 陈 雷 陈军友
项国庆 侯兴元 唐新国 解兰宏

特别鸣谢

(按姓氏笔画排序)

马 勇	王 蔚	王永胜	王来忠	王家印	王智晓
方岱山	尹德法	卢云之	叶金龙	史有刚	成维松
毕道金	师祥洪	邬基辉	刘卫红	刘小明	刘玉东
闫 进	闫毓霞	江 键	祁建祥	孙少光	李 健
李发祥	李明平	李育双	杨 卫	杨 雷	肖太钦
吴绪虎	何怀明	宋俊海	张 安	张亚文	张光华
陈安标	罗宏志	周焕波	孟文勇	赵 忠	赵 彦
赵永贵	赵金禄	袁玉柱	栗明选	郭宝玉	酒尚利
曹广明	崔征科	彭 刚	葛志羽	雷 明	褚晓哲
魏 平	魏学津	魏增祥			

P前言 Preface



自发现和开发利用石油天然气以来,人们逐渐认识到其对人类社会进步的巨大促进作用,是当前重要的能源和战略物资。在石油天然气勘探、开发、储运等生产活动中发生过许多灾难性事故,这教训人们必须找到有效的预防办法。经过不断的探索研究,人们发现建立并实施科学、规范的 HSE(健康、安全、环境)管理体系就是预防灾难性事故发生的有效途径。

石油天然气工业具有高温高压、易燃易爆、有毒有害、连续作业、点多面广的特点,是一个高危行业。实践已经证明,要想顺利进行石油天然气勘探、开发、储运等生产活动,就必须加强 HSE 管理。

石油天然气勘探、开发、储运等生产活动中发生的事故,绝大多数是“三违”(违章指挥、违章操作、违反劳动纪律)造成的,其中基层员工的“违章操作”占了多数。为了贯彻落实国家法律法规、规章制度、标准,最大限度地减少事故,应从基层员工的培训抓起,使基层员工具有很强的 HSE 理念和责任感,能够自觉用规范的操作来规避作业中的风险;对配备的 HSE 设备设施和器材,能够真正做到“知用途、懂好坏、会使用”,从根本上消除违章操作行为,尽可能地减少事故的发生。

为便于油田企业进行 HSE 培训,加强 HSE 管理,特组织编写了《中国石化油田企业 HSE 培训教材》。这是一套 HSE 培训的系列教材,包

括:根据油田企业的实际,采用 HSE 管理体系的理念和方法,编写的《HSE 管理体系》《法律法规》《特种设备》和《危险化学品》等通用分册;根据油田企业主要专业,按陆上或海上编写的 20 个专业分册,其内容一般包括专业概述、作业中 HSE 风险和产生原因、采取的控制措施、职业健康危害与预防、HSE 设施设备和器材的配备与使用、现场应急事件的处置措施等内容。

本套教材主要面向生产一线的广大基层员工,涵盖了基层员工必须掌握的最基本的 HSE 知识,也是新员工、转岗员工的必读教材。利用本套教材进行学习和培训,可以替代“三级安全教育”和“HSE 上岗证书”取证培训。从事 HSE 和生产管理、技术工作的有关人员通过阅读本套教材,能更好地与基层员工进行沟通,使其对基层的指导意见和 HSE 检查发现的问题或隐患的整改措施得到有效的落实。

为确保培训效果,提高培训质量,减少培训时间,使受训人员学以致用,立足于所从事岗位,“会识别危害与风险、懂实施操作要领、保护自身和他人安全、能够应对紧急情况的处置”,培训可采用“1+X”方式,即针对不同专业,必须进行《HSE 管理体系》和相应专业教材内容的培训,选读《法律法规》《特种设备》和《危险化学品》中的相关内容。利用本套教材对员工进行培训,统一发证管理,促使员工自觉学习,纠正不良习惯,必将取得良好的 HSE 业绩,为油田企业的可持续发展做出积极贡献。

本套教材编写历时六年,期间得到了中国石油化工集团公司安全监管局领导的大力支持、业内同行的热心帮助、中国石油大学(华东)相关专业老师的指导及各编写单位领导的重视,在此一并表示衷心感谢。

限于作者水平,书中难免有疏漏和不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

总主编



2015 年 12 月

目录

Contents



第一章 测井作业概述	1
第一节 基本原理	1
一、工作原理	1
二、基本任务及方法分类	2
三、测井系列及服务内容	3
第二节 主要设施设备	4
一、地面仪器	4
二、下井仪器	6
三、测井电缆	7
四、动力系统	8
五、深度测量装置	9
六、供电系统	10
七、工程车	10
八、放射性源车	10
九、辅助设备	10
第三节 施工现场布置	15
一、基本原则	15
二、几种复杂井场条件下绞车的摆放	17
三、测井拖撬安装	17
第四节 岗位设置及 HSE 职责	18
一、岗位员工的基本条件	18
二、岗位设置及 HSE 职责	18

第二章 测井作业危害识别	21
第一节 接触的有毒有害物质	21
一、放射性简介	21
二、放射源的防护原则和手段	21
第二节 生产准备风险	22
第三节 运输风险	24
第四节 施工前准备风险	25
第五节 井口安装风险	26
一、常规井	26
二、无起吊井架	27
第六节 仪器检查风险	28
第七节 井口组装仪器风险	28
一、常规井	28
二、带压套管井	29
第八节 电缆起下风险	29
一、常规井	29
二、带压套管井	30
第九节 施工收尾风险	31
第十节 井壁取心风险	31
第十一节 水平井施工风险	32
第十二节 海上(滩海陆岸)测井风险	33
第十三节 密封型放射源储存和使用风险	35
第十四节 非密封型放射源储存与使用风险	36
第三章 测井作业安全操作	38
第一节 生产准备	38
第二节 运输	41
第三节 施工前准备	42
第四节 井口安装	43
一、常规井	43
二、无起吊井架	43
第五节 仪器检查	44
第六节 井口组装仪器	45
一、常规井	45
二、带压套管井	45



第七节 电缆起下	46
一、常规井	46
二、带压套管井	47
第八节 施工收尾	48
第九节 井壁取心	48
第十节 水平井施工	49
第十一节 海上(滩海沿岸)测井	49
第十二节 密封型放射源的储存和使用	52
第十三节 非密封型放射源的储存和使用	53
第十四节 直接作业环节	55
一、八个直接作业环节的管理规定	55
二、测井相关直接作业环节	55
三、危害因素和安全控制措施	57
第四章 射孔作业概述	59
第一节 基本原理	59
一、工作原理	59
二、输送方式分类	59
第二节 主要设备设施	61
一、数控射孔仪	62
二、射孔马笼头	62
三、磁性定位器	63
四、放磁组合测井仪	63
五、爆炸物品保险箱	65
六、筛管	66
七、投棒	67
八、提升短接	68
九、电缆输送射孔枪头、枪尾	69
十、油管输送(非定向)射孔枪头、中间接头、枪尾	70
十一、油管输送(内定向)射孔枪头、中间接头	70
十二、T形短接	71
十三、射孔滑轮	72
十四、地滑轮专用 U 形卡	73
第三节 工作场所布置	74
一、车辆摆放要求	75

二、装炮区域设置要求	75
三、警示标志的设置要求	76
四、环境保护措施	76
五、现场用电要求	76
第四节 岗位设置及 HSE 职责	76
一、岗位员工的基本条件	76
二、岗位设置及 HSE 职责	76
第五章 射孔作业危害识别	80
第一节 生产准备风险	80
第二节 运输风险	81
第三节 施工前准备风险	81
第四节 井口安装风险	83
第五节 射孔器装配风险	83
第六节 射孔器下井风险	84
第七节 校深、射孔及上起电缆风险	85
第八节 施工收尾风险	86
第九节 未引爆射孔器材处置风险	87
第十节 爆炸物品管理风险	88
第六章 射孔作业安全操作	90
第一节 生产准备	90
第二节 运输	91
第三节 施工前准备	92
第四节 井口安装	94
第五节 射孔器装配	95
第六节 射孔器下井	96
第七节 校深、射孔及上起电缆	98
第八节 施工收尾	101
第九节 未引爆射孔器材处置	101
第十节 爆炸物品管理	102
第十一节 直接作业环节	108
第七章 职业健康危害与预防	109
第一节 概述	109
第二节 测井与射孔系统职业病危害因素辨识	110
一、测井作业	110

二、射孔作业	110
第三节 主要职业病危害因素的防控措施	111
一、电离辐射危害控制措施	111
二、噪声控制措施	112
三、心理健康与心理疏导措施	112
第八章 HSE 设施设备与器材	113
第一节 HSE 设施	113
第二节 劳动防护用品	116
一、安全帽	116
二、辐射防护用铅镜	118
三、防噪音耳塞和耳罩	118
四、正压式空气呼吸器	119
五、绝缘手套	123
六、绝缘靴	124
七、放射性个人剂量计	125
八、辐射防护用铅衣(铅围裙)	125
九、防静电工服	126
十、安全带	127
第三节 设备与工艺系统保护装置	128
一、漏电保护器	128
二、车用阻火器	131
三、放射源专用源车	131
四、绞车扭矩阀	132
五、井下张力短接	133
六、装卸放射源用的井口盖板和井口封布	133
七、射孔大电流安全雷管	134
第四节 安全与应急设施设备和器材	134
一、安全标志	135
二、风向标	139
三、消防设施	140
四、低压验电器	145
五、便携式气体检测仪	146
六、X、 γ 辐射仪	148
七、红外报警和电视监控系统	149

八、防雷接地装置	149
九、防静电接地	150
十、绝缘棒	150
第九章 测井(射孔)队应急管理	152
第一节 应急预案及应急演练	152
一、应急预案	152
二、应急演练的目的	153
三、应急演练的分类	153
四、应急演练计划	154
五、应急演练评估	154
六、应急培训	155
第二节 常见应急事件的处置	156
一、应急响应程序(图 9-1)	156
二、一般火灾应急处置(表 9-1)	157
三、机械伤害应急处置(表 9-2)	157
四、高处坠落应急处置(表 9-3)	158
五、触电应急处置(表 9-4)	158
六、交通事件应急处置(表 9-5)	159
七、放射源丢失事件应急处置(表 9-6)	160
八、放射源意外撒漏事件应急处置(表 9-7)	161
九、放射源意外照射事件应急处置(表 9-8)	161
十、爆炸物品丢失事件应急处置(表 9-9)	162
十一、爆炸物品意外爆炸事件应急处置(表 9-10)	163
十二、硫化氢事件应急处置(表 9-11)	164
十三、滩海陆岸事件应急处置(表 9-12)	165
十四、井控失控事件(事件太大)应急处置(表 9-13)	166
十五、仪器遇阻应急处置(表 9-14)	167
十六、仪器遇卡应急处置(表 9-15)	168
参考文献	169

第一章 测井作业概述

石油测井技术的发展起源于1921年,当时巴黎矿业学院的康拉德·斯伦贝谢在法国诺曼底半岛上的瓦尔里切庄园进行了首次人工电场测量,并且获得了实验成功。直到1927年乔治·多尔等人在法国阿尔萨斯州成功测出了第一条电阻率曲线,从而诞生了在井眼内进行“电测井”的地球物理测井技术。

1939年,著名地球物理学家翁文波先生和几位石油界前辈在四川石油沟一号井测出了中国第一条电阻率曲线,成为我国测井的开端。

地球物理测井也叫油矿地球物理或矿场地球物理测井,简称测井。在石油钻井中途所进行的测井作业根据所获取资料的目的不同而分为工程测井、中途对比测井和中途完井测井,在钻至设计井深后都必须进行的测井作业称为完井测井,以此获取多种石油地质及工程技术资料,作为完井和开发油田的原始资料。

通常在油井未下套管之前所进行的裸眼测井作业,习惯上称为勘探测井;而在油井下完套管后所进行的一系列测井作业,习惯上称为生产测井或开发测井。

在油气田的勘探与开发过程中,测井是确定和评价油气层的重要手段之一,同时也是解决一系列地质和工程问题的重要手段,被誉为油气勘探与开发生产的“眼睛”,成为现代勘探与开发技术的一个重要组成部分。

第一节 基本原理

一、工作原理

测井就是对井下情况进行测量,其工作原理是利用不同的下井仪器沿井身连续测量地质剖面上各种岩石的地球物理参数,如电阻率、电导率、声波时差等,然后以电信号的形式通过电缆传送到地面仪器并按照相应的深度进行记录。图1-1为简单的测井现场作业示意图。

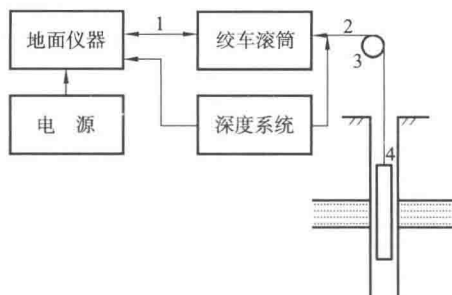


图 1-1 简单的测井现场作业示意图

1—连接线;2—电缆;3—井口滑轮;4—下井仪器

二、基本任务及方法分类

岩层有各种物理特性,如电化学特性、导电性、导热性、声学特性、弹性、放射性等;还有其他的物理特性,如孔隙度、渗透率、饱和度等。一定的地质性质必然反映出相应的地球物理性质,当岩层的地质性质发生变化时,其地球物理性质也随之变化。因此,可以通过测量岩层的地球物理性质的变化,间接地认识岩层的地质性质。另外,还有一些施工中的工程技术问题也可以通过测井来提供所需要的数据和资料。

(一) 测井的基本任务

地球物理测井的研究对象是井下的各种地质体及井内的技术状况,它贯穿于石油勘探和开发的全过程。它不仅是现代石油地质和钻采工程中最常用的技术手段,而且已成为油气田勘探开发过程中必不可少的工作环节。目前,石油测井所担负的任务可以概括为以下几个方面:

(1) 建立钻井剖面,详细划分岩性和各类储集层,准确地确定岩层的深度和厚度。

(2) 评价油气层的生产能力,包括确定油气层的有效厚度、定量或半定量计算储层的性能(孔隙度、渗透率、含油气饱和度、可动油气饱和度、地层压力、地层流体密度及相对渗透率等)。

(3) 进行地层对比,研究构造产状和地层沉积等问题。

(4) 在油田的开发过程中,提供地下各储层的动态资料,如残余油饱和度、出水层位等。

(5) 研究油气井的技术状况,如井斜、井径、固井质量、地层压裂效果、套管技术状况等。

(二) 测井方法的分类

地层不同的物理特性需依据不同的方法和测量原理进行测量。按照测量原理



的不同,石油测井常见的测井方法可分为以下几类:

(1) 电法测井。电法测井是以岩石的导电性质为基础的测井方法,如普通视电阻率测井、感应测井、侧向测井、微电阻率扫描测井等。

(2) 声波测井。声波测井是以岩石的声学性质为基础的测井方法,如声速测井、声幅测井、声成像测井等。

(3) 核测井。核测井是以岩石的原子物理及核物理性质为基础的测井方法,如自然伽马测井、中子测井、密度测井、核磁测井等。

(4) 电化学测井。电化学测井是以岩石的电化学性质为基础的测井方法,如自然电位测井、激发极化电位测井等。

(5) 其他测井方法。如地层倾角测井、井温测井、井径测井、介电测井、气测井、井壁取心及检查井内技术状况的测井。

三、测井系列及服务内容

(一) 裸眼井测井

(1) 常规测井系列。对于裸眼井段的测井,一般常规测井提供地层的三孔隙度和三电阻率,以及自然电位、自然伽马、井径等基本测井资料。经过车装或橇装计算机系统或计算中心的数字处理,能够向用户提供以下几项数字处理解释成果:地层的岩性;油、气层的深度与厚度;地层的孔隙度、含油(水)饱和度、渗透率以及泥质含量等。

(2) 地层倾角测井。地层倾角测井能向用户提供井斜角度、井斜方位、地层倾角和地层倾角方向以及井径和井眼容积等资料。通过多井的计算机处理解释,还能提供油藏构造形态和分析古沉积环境,从而帮助指导下一步的勘探工作。

(3) 地层测试器。地层测试器能测量各井段储集层地层的实际压力,能作出地层的压力梯度曲线,更重要的是能直接从地层中取出油、气或水样,从而为下一步的测井资料评价和试油工作提供可靠依据。

(4) 井壁取心。井壁取心能按照测井曲线准确地从井壁取出岩心,用以分析地层岩性及含油性。

另外,还有岩性密度测井、自然伽马能谱测井、核磁测井等,都能向用户提供有用的井下或地层资料,为油气田勘探与开发服务。

(二) 生产测井

生产测井是从油井(包括采油井、注水井、观察井等)投产后至报废整个生产过程中所进行的地球物理测井的统称,包括三部分:

(1) 通过井内温度、压力和流体流量、持水率测定,了解产出和注入剖面,为油层改造提供依据。

(2) 检查和监测井身技术情况,包括固井质量、套管变形和破损等,为油井维修提供依据。

(3) 套管井储层评价。

(三) 工程测井

井下工程测井作业项目主要是为试油、完井、解卡、修井、采油等服务。常用的作业项目有:

(1) 射孔作业。

(2) 水泥胶结测井,主要用于检查固井质量。

(3) 测钻杆遇卡位置和爆炸松扣。

(4) 爆炸切割钻杆和油管。

(5) 磁测井、多臂井径、井下电视,用以检查套管变形、腐蚀或石灰岩溶洞、裂缝等。

由上述各测井项目可以看出,测井作业在油、气田勘探与开发过程中是非常重要的和必不可少的环节。

第二节 主要设施设备

一、地面仪器

地面仪器以计算机为核心,凭借所加载的各种程序的控制,完成各种不同的测井作业,如对测量信号的处理、记录、显示、质量控制以及对现场测井资料的井场快速处理和解释。目前主要使用的有数控测井系统和成像测井系统。

(一) EXCELL-2000 成像测井系统

EXCELL-2000 成像测井系统(如图 1-2 所示)是一种先进的综合性测井平台,能快速、准确地采集数据,提供多种井眼成像,并且具有强大的后处理工作站功能,主要应用于裸眼井、套管井和生产井的测井服务。

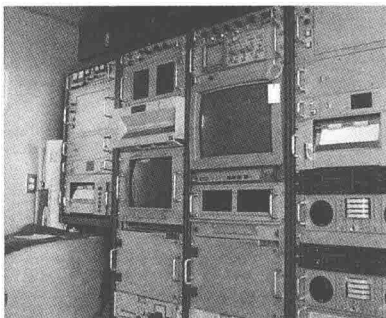


图 1-2 EXCELL-2000 成像测井系统