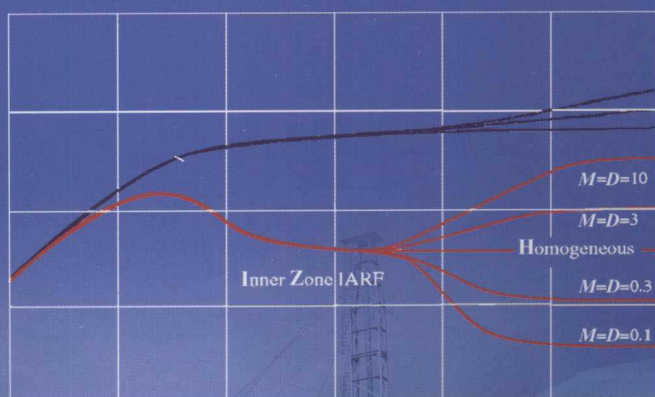


试油工操作技能 培训教材

中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了试油基础知识、试油准备、射孔、诱喷排液、储层改造、试产、地层封闭技术及钻磨工艺、测试工艺、试井资料分析、安全生产知识、试油井控装置、试油工具、试油作业设备等内容。

本书适合从事试油工作的操作工人、技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

试油工操作技能培训教材/中国石油集团西部钻探工程有限公司
试油公司编. —北京:石油工业出版社,2012.9

ISBN 978 - 7 - 5021 - 9245 - 7

I. 试…

II. 中…

III. 试油 - 技术培训 - 教材

IV. TE273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 197968 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

编辑部:(010)64523562 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:22

字数:562 千字

定价:96.00 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

《试油工操作技能培训教材》

编 委 会

主 任：王新河 黄 璜
副 主 任：魏少波 朱东明
委 员：李庆立 任建国 伊明江·阿斯卡尔 王跃文
胡广军 郭永军 杜云明 肖 辉 王世文
唐青隼 张新德 胡 斌 米红学 胡广文
桂 军 赵永明 周光耀 苏存元 曾昌华
陈朝安 赵 侠

编 写 组

组 长：魏少波 朱东明
成 员：杜云明 王忠利 刘少祥 赵永明 李 洋
辉 英 王开伟 李建军 冯惊涛 朱昌盛
毕全福 贺存福 谭宗华 梁俊忠 赵志山
赵 侠 夏 辉 汪永平 李长龙 殷惠珍
张仕健 张友明 梁 柱 钟 实 张再生
王祖应 谭文波 张现峰 孙明龙 余 强
工作人员：尚庆禄 王 菊 罗小宁 苏建华 程 刚
周 超 封 猛 单长亮 苏红莉 金莉莉

各章主要编写及审核人员

- 第一章：杜云明 刘少祥
- 第二章：梁柱 赵侠 李洋 郑辉
- 第三章：李建军 夏辉
- 第四章：辉英 冯惊涛 刘少祥
- 第五章：辉英 冯惊涛 王开伟
- 第六章：王忠利 殷慧珍 刘少祥
- 第七章：冯惊涛 郑辉
- 第八章：朱昌盛 贺存福 孙明龙 谭宗华
- 第九章：毕全福 夏辉
- 第十章：梁俊忠 赵志山
- 第十一章：张现峰 李洋 王祖应
- 第十二章：王祖应 夏辉 赵侠
- 第十三章：赵永明 汪永平 钟实 张仕健 张友明
张再生 李洋 余强

序

近 50 年的油气田勘探开发历史与复杂多样的油气藏类型所带来的厚重技术沉淀,锻造了新疆试油这支技术服务专业化队伍。

随着中国石油天然气集团公司持续重组和深化改革,试油新工艺、新技术的不断引进并大量应用于生产现场,试油工艺设备和流程的不断更新以及试油难度的不断增加,现场操作的员工原有的知识和技能也需要更新和提高,对试油员工进行全覆盖的岗位知识与技能培训已经成为当务之急。为了满足中国石油天然气集团公司油气保障的需要,为了提高试油队伍素质和操作水平,试油公司组织了多年从事试油作业的专家 and 实际工作经验较丰富的工程技术人员、技师等共同编写了《试油工操作技能培训教材》。本教材内容全面,技术性较强,理论与实际紧密结合,通俗易懂,适合作为试油员工操作培训教材,同时也可作为新工人、转岗工人的培训教材和技术人员、生产管理人员参考用书。

《试油工操作技能培训教材》的出版,能更好地满足石油勘探、评价的需要,进一步推动试油技术发展,对提高试油队伍的专业技术素质和操作技能将具有重要意义。



2012 年 4 月 25 日

前 言

试油作业是油气田勘探、开发过程中必不可少的一项工作环节,试油工艺过程的成败,关系到人们对基本石油地质条件和对新、老油区的评价认识;作为直接从事试油操作的技术工人肩负着保证试油施工质量、达到试油目的的重要责任,必须全面熟练地掌握试油技术与操作技能,成为集岗位知识与操作技能为一身的复合型人才。

《试油工操作技能培训教材》是为提高试油队伍素质和操作水平编写的。全书分上下两篇,共计十三章。其中上篇主要内容为试油基础知识、试油准备、射孔、诱喷排液、储层改造、试产、地层封闭技术及钻磨工艺、测试工艺、试井资料分析、安全生产知识等十章。下篇为试油井控装置、试油工具、试油作业设备等三章。本书主要讲述试油岗位常见的生产作业操作项目,包括风险提示及防范措施、工具准备、操作步骤、技术要求、等级考核评分标准。在教材的难易程度上,以试油工现场的常用知识和技能的讲述为重点,并且考虑一线员工的理解和接受能力,对于一些不可避免的专业术语和工艺参数等采用通俗易懂的语言进行了解释。

试油公司在 2007 年底启动了《试油操作指南》培训教材编写工作,2008 年 9 月完成了《试油操作指南》电子版教材。2009 年初,试油公司根据中国石油天然气集团公司有关加强员工培训工作的要求,结合试油生产实际,成立了《试油工操作技能培训教材》编写组,在《试油操作指南》培训教材的基础上,重新确定教材结构及编写内容。

为了保证项目正常运行,教材编写组制订了“教材编写阶段性评估分析、定期汇报制度、征求编写组内外意见”等多项措施,公司经理王新河要求教材编写人员把握好四个度,即“培训教材理论高度、工艺技术和理论的关联程度、操作规程和技术标准相对应、教材的适用范围”。经过两年多的努力,《试油工操作技能培训

教材》初稿完成。并且在 2009 年、2010 年的“新员工入厂教育”培训班试用。2010 年底又对培训教材各章的编写人员进行增补。2011 年在广泛征集学员和授课教师意见的基础上,针对教材试用过程中暴露的问题及学员反馈意见,编写组又多次组织试油方面有关技术专家、现场经验丰富的工程师、技师及技术工人骨干,对其内容进行进一步增删和完善,补充了石油地质知识、安全生产知识。将其完善为《试油工操作技能培训教材》,历时 3 年,最终完成了培训教材的编写。

本书由中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司员工培训站组织编写,总工程师魏少波总校核,公司经理王新河、党委书记黄璜总审定。

该书编写过程中,得到了上级领导的关心和指导,得到了有关单位的大力协助,编审人员做了大量艰苦的工作,相关部门也认真配合,在此,公司对大家的辛勤劳动和支持表示衷心感谢!

由于试油操作涉及知识面广,教材难免会出现不足和错误,希望得到专家、同行及读者的批评和指正。

《试油工操作技能培训教材》编写组

2012 年 4 月

目 录

上 篇

第一章 试油基础知识	(3)
第一节 石油地质知识	(3)
第二节 石油井类型及井身结构	(14)
第三节 试油目的及工艺原理	(16)
第二章 试油准备	(22)
第一节 井场准备	(22)
第二节 井筒试压	(23)
第三节 探井底	(24)
第四节 通井及刮削	(25)
第五节 提下油管作业	(27)
第六节 洗井和压井	(30)
第三章 射孔	(34)
第一节 电缆传输射孔	(34)
第二节 油管传输射孔	(35)
第三节 射孔测试联作	(37)
第四节 射孔新工艺	(38)
第四章 诱喷排液	(41)
第一节 替喷	(41)
第二节 抽汲	(43)
第三节 气举	(45)
第四节 机抽	(47)
第五节 其他泵类	(48)
第五章 储层改造	(54)
第一节 破堵	(54)
第二节 酸化	(55)
第三节 压裂	(57)
第六章 试产	(59)
第一节 自喷试产	(59)
第二节 现场油、水半定量分析	(64)

第七章 地层封闭技术及钻磨工艺	(70)
第一节 桥塞封闭工艺	(70)
第二节 (挤)注水泥塞	(76)
第三节 封隔器封闭	(79)
第四节 钻磨工艺	(89)
第八章 测试工艺	(93)
第一节 地面测试技术	(93)
第二节 地层测试工艺	(106)
第三节 钢丝试井工艺	(113)
第四节 电缆直读试井工艺	(117)
第九章 试井资料分析	(121)
第一节 试井分析的理论基础	(121)
第二节 产能试井分析	(125)
第三节 不稳定试井分析	(132)
第十章 安全生产知识	(144)
第一节 试油生产现场基本安全要求	(144)
第二节 防火与防爆	(145)
第三节 安全用电基本知识	(158)
第四节 试油作业施工中的其他防护	(164)
第五节 施工现场常见的急症与急救技术	(170)
第六节 一氧化碳防护知识	(179)
第七节 硫化氢知识	(183)

下 篇

第十一章 试油井控装置	(199)
第一节 防喷器	(199)
第二节 远程控制台	(204)
第三节 油管旋塞阀	(213)
第四节 试油井口装置	(214)
第五节 防喷和放喷管线	(216)
第十二章 试油工具	(217)
第一节 常用手动工具	(217)
第二节 试油井口工具	(221)
第三节 试油常用器材	(232)
第四节 试油常用量具和仪表	(247)
第五节 打捞工具	(255)

第十三章	试油作业设备	(265)
第一节	车载井架试油作业机	(265)
第二节	独立井架试油作业机	(275)
第三节	抽汲车	(290)
第四节	泵车	(294)
第五节	蒸汽车	(304)
第六节	发电机组	(307)
第七节	试井装置	(318)
第八节	顶驱设备(动力钻)	(320)
第九节	液氮泵车	(320)
第十节	连续油管	(330)
第十一节	立式中压两相分离器	(339)
参考文献		(341)

上 篇

第一章 试油基础知识

第一节 石油地质知识

一、地层和地质时代

(一) 地层

地层是具有一定时间和空间涵义的层状岩石的自然组合。划分地层的单位称为地层单位,地层单位从大到小是界、系、统、阶,以及群、组、段、带等。其中“界”是地层的一级单位,“系”是二级单位,“统”是三级单位,界、系、统是国际通用地层单位。“阶”是大区域性的地层单位,“群”是最大的地方性地层单位,“组”则是地方性的基本地层单位,“段”是小于“组”的地方性地层单位。界、系、统、阶是根据生物的发展演化阶段来划分的适用范围较大,通称为时间地层单位;而群、组、段等地层单位是根据地层岩性和地层接触关系来划分的,适用范围比较小,通常又称为岩石地层单位。

(二) 地质时代

组成地壳的不同地层是在地质时期的不同发展阶段形成的,我们把地层形成的地质阶段称为地质时代,不同的地质时代形成不同的地层,地质时代是地层的年龄。划分不同地质时代的单位叫地质时代单位。地质时代单位由“代”、“纪”、“世”、“期”四个级别和一个自由使用时间单位“时”组成,地质时代和地层单位之间有着紧密的联系,但也不是完全对应的。

地质时代单位与地层单位之间的关系见表 1.1.1。

表 1.1.1 地质年代与地层

地质年代			地层单位		
新生代 Cz	第四纪 Q	全新世 Qh	全新统 Qh	第四系 Q	新生界 Cz
		更新世 Qp	更新统 Qp		
	新近纪 N	上新世 N ₂	上新统 N ₂	新近系 N	
		中新世 N ₁	中新统 N ₁		
	古近纪 E	渐新世 E ₃	渐新统 E ₃	古近系 E	
		始新世 E ₂	始新统 E ₂		
		古新世 E ₁	古新统 E ₁		
中生代 Mz	白垩纪 K	晚白垩世 K ₂	上白垩统 K ₂	白垩系 K	中生界 Mz
		早白垩世 K ₁	下白垩统 K ₁		

续表

地质年代			地层单位		
中生代 Mz	侏罗纪 J	晚侏罗世 J ₃	上侏罗统 J ₃	侏罗系 J	中生界 Mz
		中侏罗世 J ₂	中侏罗统 J ₂		
		早侏罗世 J ₁	下侏罗统 J ₁		
	三叠纪 T	晚三叠世 T ₃	上三叠统 T ₃	三叠系 T	
		中三叠世 T ₂	中三叠统 T ₂		
		早三叠世 T ₁	下三叠统 T ₁		
古生代 Pz	二叠纪 P	晚二叠世 P ₃	上二叠统 P ₃	二叠系 P	古生界 Pz
		中二叠世 P ₂	中二叠统 P ₂		
		早二叠世 P ₁	下二叠统 P ₁		
	石炭纪 C	晚石炭世 C ₃	上石炭统 C ₃	石炭系 C	
		中石炭世 C ₂	中石炭统 C ₂		
		早石炭世 C ₁	下石炭统 C ₁		
	泥盆纪 D	晚泥盆世 D ₃	上泥盆统 D ₃	泥盆系 D	
		中泥盆世 D ₂	中泥盆统 D ₂		
		早泥盆世 D ₁	下泥盆统 D ₁		
	志留纪 S	晚志留世 S ₃	上志留统 S ₃	志留系 S	
		中志留世 S ₂	中志留统 S ₂		
		早志留世 S ₁	下志留统 S ₁		
	奥陶纪 O	晚奥陶世 O ₃	上奥陶统 O ₃	奥陶系 O	
		中奥陶世 O ₂	中奥陶统 O ₂		
		早奥陶世 O ₁	下奥陶统 O ₁		
	寒武纪 C	晚寒武世 C ₃	上寒武统 C ₃	寒武系	
		中寒武世 C ₂	中寒武统 C ₂		
		早寒武世 C ₁	下寒武统 C ₁		
新元古代 Pz ₃	震旦纪 Z	晚震旦世 Z ₂	上震旦统 Z ₂	震旦系 Z	新元古界 Pz ₃
		早震旦世 Z ₁	下震旦统 Z ₁		
中元古代 Pz ₂					中元古界 Pz ₂
古元古代 Pz ₁					古元古界 Pz ₁
新太古代 Ar ₃					新太古界 Ar ₃
中太古代 Ar ₂					中太古界 Ar ₂
古太古代 Ar ₁					古太古界 Ar ₁
始太古代 Ar ₀					始太古界 Ar ₀

准噶尔盆地西北缘、腹部、南缘及东部地层划分及地质符号见表 1.1.2:

表 1.1.2 准噶尔盆地地层划分及地质符号表

腹部地层及地质符号					西北缘地层及地质符号				
界	系	统	群	组	界	系	统	群	组
新生界	第四系	更新统		西域组 Q_1x	新生界				
	新近系	上新统		独山子组 N_2d		新近系	上新统		独山子组 N_2d
		中新统		塔西河组 N_1t			中新统		塔西河组 N_1t
	古近系	渐新一始新统		沙湾组 N_1s		古近系	渐新一始新统		乌伦古河组 $E_{2-3}w$
		古新统		安集海河组 $E_{2-3}a$			古新统		
中生界	白垩系	上统		红砾山组 K_2h	中生界	白垩系	上统		红砾山组 K_2h
				艾里克湖组 K_2a					艾里克湖组 K_2a
		下统	吐谷鲁群 K_1tg	连木沁组 K_1l			下统	吐谷鲁群 K_1tg	连木沁组 K_1l
				胜金口组 K_1s					胜金口组 K_1s
				呼图壁河组 K_1h					呼图壁河组 K_1h
				清水河组 K_1q					清水河组 K_1q
	侏罗系	中统		头屯河组 J_2t		侏罗系	上统		齐古组 J_3q
		下统	水西沟群 $J_{1-2}sh$	三工河组 J_1s			中统		头屯河组 J_2t
				八道湾组 J_1b			下统	水西沟群 $J_{1-2}sh$	西山窑组 J_2x
									三工河组 J_1s
	三叠系	上统	小泉沟群 $T_{2-3}xq$	白碱滩组 T_3b		三叠系	上统		白碱滩组 T_3b
		中统		克拉玛依组 T_2k			中统		克拉玛依组 T_2k
		下统		百口泉组 T_1b			下统		百口泉组 T_1b
古生界	二叠系	上统		上乌尔组 P_3w	古生界	二叠系	上统		上乌尔组 P_3w
		中统		下乌尔组 P_2w			中统		下乌尔组 P_2w
				夏子街组 P_2x					夏子街组 P_2x
		下统		风城组 P_1f			下统		风城组 P_1f
				佳木河组 P_1j					佳木河组 P_1j
	石炭系					石炭系			

续表

南缘地层及地质符号					东部地层及地质符号							
界	系	统	群	组	界	系	统	群	组			
新生界	第四系	更新统		西域组 Q_1x	新生界	第四系						
	新近系	上新统		独山子组 N_2d		新近系						
		中新统		塔西河组 N_1t								
				沙湾组 N_1s								
	古近系	渐新—始新统		安集海河组 E_{2-3a}		古近系						
		古新统		紫泥泉子组 E_{1-2z}								
中生界	白垩系	上统		东沟组 K_2d	中生界	白垩系	上统		红砾山组 K_2h			
		下统	吐谷鲁群 K_{1tg}	连木沁组 K_{1l}			下统	吐谷鲁群 K_{1tg}	连木沁组 K_{1l}			
				胜金口组 K_{1s}					胜金口组 K_{1s}			
				呼图壁河组 K_{1h}					呼图壁河组 K_{1h}			
				清水河组 K_{1q}					清水河组 K_{1q}			
	侏罗系	上统		喀拉扎组 J_3k		侏罗系	上统	石树沟群 J_{2-3sh}	喀拉扎组 J_3k			
		中统		齐古组 J_3q			中统		齐古组 J_3q			
				头屯河组 J_2t					头屯河组 J_2t			
		下统	水西沟群 J_{1-2sh}	西山窑组 J_2x			下统	水西沟群 J_{1-2sh}	西山窑组 J_2x			
				三工河组 J_1s					三工河组 J_1s			
				八道湾组 J_1b					八道湾组 J_1b			
	三叠系	上统	小泉沟群 T_{2-3xq}	郝家沟组 T_3hj		三叠系	上统	小泉沟群 T_{2-3xq}	郝家沟组 T_3hj			
		中统		黄山街组 T_3h			中统		黄山街组 T_3h			
				克拉玛依组 T_2k					克拉玛依组 T_2k			
		下统	上仓房沟群 T_{1ch}	烧房沟组 T_1s			下统	上仓房沟群 T_{1ch}	烧房沟组 T_1s			
				韭菜园组 T_{1j}					韭菜园组 T_{1j}			
	古生界	二叠系	上统	下仓房沟群 P_{3ch}^a		梧桐沟组 P_3w	古生界	二叠系	上统	下仓房沟群 P_{3ch}^a	梧桐沟组 P_3w	
中统			泉子街组 P_3q		中统				泉子街组 P_3q			
中统			上茆茆槽群 P_{2jj}^b	红雁池组 P_2h		中统				平地泉组 P_2p		
				芦苇沟组 P_{2l}						将军庙组 P_{2j}		
				井井子沟组 P_{2j}						下统		金沟组 P_{1j}
				乌拉泊组 P_{2w}								
下统			下茆茆槽群 P_{1jj}^a	塔什库拉组 P_{1t}		下统						
				石人子沟组 P_{1s}								
石炭系		上统		奥尔吐组 C_2a	石炭系	上统			六棵树组 C_{2l}			
				祁家沟组 C_2q		中统			石钱滩组 C_{2s}			
				柳树沟组 C_{2l}					巴塔玛依内山组 C_{2b}			
						下统			滴水泉组 C_{1d}			
									塔木岗组 C_{1t}			

(三)地壳运动及地质构造

沉积岩是由沉积物经过成岩作用形成的,其原始产状一般是水平的。而现今地下发现的沉积岩的产状大多是倾斜的、弯曲的,有的甚至是断开的,有的岩层有倒置现象,所有这些都是地壳运动的结果。地壳运动是指由内力引起的地壳内部物质缓慢地机械运动,其基本类型有垂直运动和水平运动。地层在地壳运动中发生各种各样的变形,形成现今的地质构造,因此地壳运动也称为构造运动。地质构造按其表现形式可分为褶皱构造和断裂构造。褶皱构造是指岩层在构造运动后,发生柔性变形,使岩层变成弯弯曲曲的形状,如背斜和向斜。断裂构造是指岩石在构造运动后,发生脆性变形,产生断裂与错动,使岩层失去连续性,如裂缝与断层。

二、石油、天然气和地层水的化学组成及主要性质

(一)石油的化学组成及主要性质

石油是由碳氢化合物为主混合而成的,含有少量杂质,并埋藏在地下岩石孔隙中的液态可燃有机矿产,它比水稠但比水轻的油脂状液体,多呈褐黑色。石油又称原油,从石油中可以提炼出汽油、煤油、柴油以及其他一系列石油产品。

1. 石油的化学元素组成

石油的化学元素组成主要是由碳和氢以及少量的氧、硫、氮等元素组成。其中:碳占80%~88%,氢占10%~14%,其他元素如氧、硫、氮等约占1%~3%左右,这些元素对石油的性质影响较大。

2. 石油的组分

(1)油质:是一种浅色的几乎全部为碳氢化合物组成的黏性液体。它是组成石油的主要成分。油质含量高,颜色较浅,石油质量就好,反之质量较差。

(2)胶质:一般为黏性半固体物质,颜色为淡黄、棕褐到黑色,多为环烷族烃和芳香族烃组成,还有较多的氧、硫、氮化合物,一般在轻质石油中,胶质含量不超过4%~5%,而在重质油中,胶质含量可达20%或更高。

(3)沥青质:为暗褐色或黑色脆性固体物质,它的组成元素与胶质基本相同。沥青质不溶于酒精或轻质汽油,但溶于苯、二硫化碳、三氯甲烷和氯仿等有机溶剂,而形成胶状溶液。沥青质含量高时,石油的质量就比较差。

(4)碳质:是一种非碳氢化合物,不溶于有机溶剂。是一种黑色固体物质,石油中一般不含或者含量极少。

3. 地面石油的主要物理性质

石油的化学组成决定着石油的物理性质。但石油没有固定的成分,因此,也没有确定的物理常数。石油的主要物理性质如下:

(1)颜色:石油的颜色不一,通常为黑色、褐色或黄色。其颜色的深浅取决于胶质、沥青质的含量,含量越高颜色越深,一般轻质油颜色微带黄橙色且又透明;重质油颜色多为黑色。

(2)相对密度:石油的相对密度是指在标准条件(20℃和0.1MPa)下石油密度与4℃条件下纯水密度之比值。石油的相对密度变化很大,一般介于0.75~1.0之间。一般来说,密度小、油质好,密度大、油质差。密度的大小取决于石油的组成成分,通常把密度小于0.9g/cm³