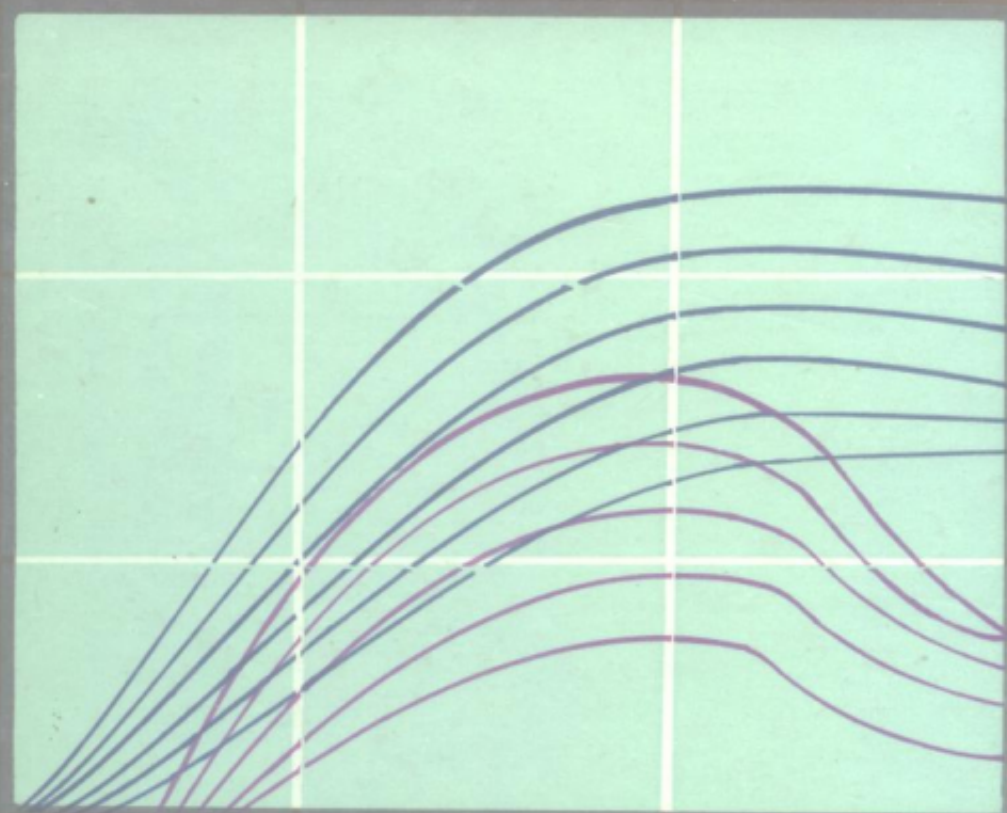




试井手册

上

《试井手册》编写组 编



石油工业出版社

登录号	101683
分类号	TE353-62
册次号	001

试 井 手 册

上

《试井手册》编写组 编



石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

这本《试井手册》是我国第一部试井方面的专业工具书，全书分上下两册。上册包括：试井设备及工艺，下册包括：试井设计、试井分析、地层测试、试井应用实例和试井解释软件。全书内容系统、齐全，实用方便。

本书系属上册，书中介绍了目前国内外先进的和国内常用的试井仪表和装备，叙述了仪表设备的工作原理、结构及技术规范，较全面地介绍了试井工艺和常见事故的排除方法。

本书可供石油矿场从事试井、采油、油藏工程、地层测试方面工作的工程技术人员、工人及干部使用和参考，也可供大专院校有关师生参考。

试 井 手 册

上

《试井手册》编写组 编

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 $22\frac{1}{4}$ 印张 554千字 印1—13,000

1991年7月北京第1版 1991年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0594-8/TE·565

定价：8.40元

《试井手册》编委会名单

主 任: 李虞庚

副主任: 谭文彬 童宪章 秦同洛 蒋其恺 王乃举

委 员: (按姓氏笔划为序)

王化邦	叶 荣	叶敬东	庄惠农	邓志学	吕德本	刘能强
沙白坚	余守德	吴起林	明朝华	苗红军	杨通荆	陈保国
陈永生	陈德华	钟松定	姚振年	高锡伍	徐锡良	钟持泽
谢兴礼						

主 编: 李虞庚

副主编: 姚振年 钟松定 吴起林 刘能强 庄惠农

编写及执笔人员

总 论: 姚振年

第一章: 刘金城 陈德华 吴起林 刘民汉 金 诤

第二章: 庄惠农 沈鑫贤 孙学成

第三章: 吴起林

第四章: 钟松定 姚振年 张家祥

第五章: 胡应华 谢兴礼

第六章: 刘能强 徐锡良

第七章: 谢兴礼 刘能强 黄大权

第八章: 钟持泽 陈玉宝 钟松定

第九章: 刘启生 张继恒 钟松定

第十章: 成盛景 刘能强 刘冠南

第十一章: 程金良 徐锡良 胡 坚 范新民

第十二章: 陈保国

第十三章: 吴起林 王希权 庄惠农 钟孚勳

第十四章: 陈钦雷 翟云芳 蒋沛然 张义堂

附 录: 钟松定

参加编写人员

袁愈久 王耀祖 江志远 蒋惠仁 赵敏珠 张祥洪
原春华 易京兵 曹钧合 齐淑清

审定人员名单

童宪章 秦同洛 刘翊宁 袁庆丰 高锡伍 余守德
甄 鹏 孔祥言 李 允 吴应熙 明朝华 叶敬东

序

一九八三年一位朋友从国外访问归来，他介绍了国外油田的试井工作和发展情况，我浏览了他带回的文献资料，给了我不少启示。

近十年来，国外试井技术发展很快。试井工作在勘探评价、油气藏描述和编制油气田开发方案等工作中起着举足轻重的作用，是加速油气田勘探开发进程和进行油气田动态监测的一项有显著经济效益的技术手段。

从一九八四年第一届试井工作会议以来，试井工作有了很大发展。我们花了一笔外汇，引进了一批高精度的常规试井仪表、设备，以及电子压力计测试系统、地层测试器等先进设备，使我们的测试技术装备状况有所改观。一九八七年我国自行研制成功了试井解释软件系统。近十年来，通过引进、消化、吸收和国内研究，我国的试井技术水平已赶上或接近国外先进水平。《试井手册》正是在这种形势下应运而生的。

这本《试井手册》较系统地收集整理了国内外有关试井仪表、设备，以及试井测试、试井分析方法等，并将钻柱测试和电缆地层测试的内容编入手册，归为试井范畴。此外，本手册还将试井设计、试井工艺和试井应用实例，分章列题编写，这是本手册的又一个特点。试井设计很重要，一个完善的设计不仅增强测试的目的性和科学性，而且可以进一步提高测试的成功率和技术经济效益，这一章是专门为勘探、开发的甲方而编写的；试井工艺这一章，总结了许多现场测试经验，很有实际应用价值；试井应用实例章中，选择了几个典型例子，说明试井在油气田勘探开发中的应用效果和作用，以启迪人们充分应用试井方法的思路。

总之，试井是一项经济有效的应用技术，采用试井方法获取单井和整个油气藏的信息，应成为正常的工作制度。

这本《试井手册》是按照总公司的要求，由开发生产局组织编写的，它是我国的第一部《试井手册》，相当于指导性操作规程，具有一定的条例性，应在勘探、开发工作中认真贯彻执行，使试井工作程序实现规范化和科学化。

李天相

1991年3月

目 录

总论	1	二、SW-150 型井下温度计	49
第一篇 试井设备及工艺	5	三、FR-125 型井下温度计	51
第一章 试井仪器仪表及校准	5	四、RT 型井下温度计	51
第一节 机械式井下压力计	5	五、SW3 型井下温度计	53
一、弹簧管式井下压力计	5	第四节 井下流量测试仪器	53
（一）CY613-A 型井下压力计	5	一、浮子式井下流量计	53
（二）CY613-B 型井下压力计	5	（一）工作原理	53
（三）JY72-1 型井下压力计	5	（二）技术规范	54
（四）SY4、SY5 型井下压力计	8	（三）各种类型浮子式井下流量计的 结构	54
（五）RPG 型井下压力计	9	二、204 型浮子式井下产量计	57
（六）KPG 型井下压力计	9	（一）仪器结构	57
（七）DPG-125 型井下压力计	13	（二）工作原理	57
二、弹簧式井下压力计	13	（三）技术规范	60
（一）CY641 型井下压力计	13	三、涡轮式井下流量（产量）计	60
（二）CY651 型井下压力计	13	（一）工作原理	60
（三）J-200 型井下压力计	13	（二）技术规范	60
（四）DMH-66 型精密压力计	13	（三）几种类型涡轮式井下流量（产量） 计的结构	60
（五）“七一”型井下压力计	18	第五节 井下取样器	68
（六）QTY-400 型井下压力计	18	一、钟机式井下取样器	68
（七）QTY-X 型井下压力计	20	（一）ПД-3 型深井取样器	68
三、其他类型机械压力计——CY733 型 井下微差压力计	20	（二）SQ3 型井下取样器	69
第二节 电子压力计测试系统	22	二、锤击式井下取样器	70
一、地面直读式电子压力计测试系统	22	（一）CY612 型井下取样器	70
（一）EPG 型电子压力计测试系统	23	（二）CY612-A 型井下取样器	72
（二）HP2811B 型电子压力计 测试系统	28	（三）CY731 型井下取样器	72
（三）PANEX 电子压力计测试系统	34	（四）SQ-400 型井下取样器	72
（四）TPT 电子压力计测试系统	37	三、压差式井下取样器	72
（五）CRG 电子压力计测试系统	39	四、Q1-1 型提挂抽吸式井下取样器	72
（六）振弦压力计测试系统	39	五、Q43 型挂壁式井下取样器	75
（七）JGZ-1 型固阻压力计	42	六、水力活塞泵井下取样器	76
二、井下储存式电子压力计测试系统	44	（一）BCY-321 型泵下取样器	76
第三节 机械式井下温度计	49	（二）DQJ-1 型泵顶取样器	76
一、CY-614 型井下温度计	49	七、分层取样器	78

八、各种取样筒及控制器对比	78	(二) CY 系列压力计校准仪	130
第六节 井下钟机	79	三、全自动压力校准装置	132
第七节 抽油机井示功图测试仪器	82	(一) 压力标准器	132
一、机械式示功仪	82	(二) 恒温设备	137
(一) CY611 型水力动力仪	82	(三) 微机控制系统	140
(二) SG2 型示功仪	83	四、CYZ 型井下钟机校准仪	141
(三) DYN77 型示功仪	83	五、恒温设备	143
二、电子式示功仪	85	(一) CS-503 标准水槽	143
(一) DLY-I 型电子示功仪	85	(二) SHW-1 型恒温油浴	143
(二) SG3 型电子示功仪	88	(三) WHY-1 型精密恒温油浴	146
三、计算机诊断仪	89	六、井下流量计校准装置	148
(一) SJZ1、SJZ2 型便携式诊断仪	89	七、测深仪校准装置	149
(二) SG1500A 抽油机井诊断仪	91	八、GSY 示功仪校准装置	151
(三) MD213TY 型抽油井多参数遥测 诊断车	92	九、读卡仪	153
(四) SCZ-I 型抽油井车载诊断系统	93	(一) TJ 型读卡仪	153
(五) ZYJD-86 型抽油机井数字示功仪 及诊断系统	94	(二) DKS-1 型微机数字显示 读卡仪	154
(六) SHD-1 型系统效率测试仪	95	(三) DSY-I 型电子扫描读卡仪	156
第八节 液面探测仪	97	(四) GRC 电子扫描读卡仪	157
一、CJ-I 型双频道回声探测仪	97	(五) CK-1 型测卡仪	159
二、CJ-II 型气枪式双频道回声探测仪	99	第十一节 仪器仪表校准方法	160
三、SH3 型回声测深仪	99	一、压力计校准方法(标准)	160
四、SH3A 型回声测深仪	102	(一) 弹簧管式井下压力计校准方法	160
五、ZJY-1 型液面自动监测仪	104	(二) 弹簧式旋转柱塞井下压力计校准 方法	161
六、液面自动测试系统	107	(三) J-200 型压力计校准方法	163
第九节 地面计量仪表	111	二、电子压力传感器校准方法	170
一、双波纹管差压计	111	三、井下温度计校准方法	177
二、临界速度流量计	112	四、示功仪或载荷传感器校准方法	179
三、JLGG 型干式数显电子水表	115	五、回声测深仪校准方法	181
四、LC 型椭圆齿轮流量计	116	六、井下钟机校准方法	184
五、刮板流量计	117	七、浮子式井下流量(产量)计校准 方法	185
六、LW 型涡轮流量计	119	八、名词解释	187
第十节 仪器仪表校准设备	123	第二章 试井设备及工具	189
一、活塞式压力计	123	第一节 试井绞车及有关设备	189
(一) 国产活塞式压力计	123	一、钢丝试井车	189
(二) DH 台式活塞压力标准器	123	(一) SJ-6000 型试井车	189
二、压力、温度校准设备	127	(二) YSJ-4000 型越野试井车	195
(一) MYZ-1 型模拟油层温度、 压力装置	127	(三) 试井车技术规范	195

(四) 试井车的维护和保养	195	(六) 各种振击器比较	236
二、DSC-5000 型双滚筒试井车	196	六、减振器	236
三、液压传动-车装双滚筒试井车	199	七、打捞器	237
四、橇装液压钢丝绞车	206	(一) 卡瓦式打捞器	237
五、拖车装钢丝绞车	207	(二) 特种捞头	237
六、橇装电缆绞车及电缆/钢丝绞车	210	(三) 旋转卡瓦打捞器	238
七、深度计量装置	215	(四) 内胀扣打捞器	239
八、马丁-戴克 (MARTIN-DECKER)		(五) 几种打捞器比较	239
指重装置	217	八、脱卡器部件	239
九、井架车	219	九、水力活塞泵测试装置	241
十、试井绞车生产厂家	221	(一) 泵顶部测试装置	241
第二节 井下工具	222	(二) 随泵测压装置	242
一、钢丝绳帽	222	十、电潜泵测压装置	242
(一) 普通型绳帽	222	(一) 电潜泵测压控制器	242
(二) 卡瓦型绳帽	222	(二) 电潜泵测压连接器	242
(三) 圆盘型绳帽	223	第三节 井口装置	245
(四) 梨形塞块型绳帽	223	一、钢丝试井防喷装置	245
(五) 几种钢丝绳帽对比	224	(一) 防喷管	245
二、电缆绳帽	224	(二) 防喷盒	248
(一) 胜利型电缆绳帽	224	二、电缆测试防喷装置	252
(二) 捷尔哈特型电缆绳帽	224	(一) 井口注脂密封装置	252
(三) 佛罗型电缆绳帽	226	(二) 密封脂泵	254
(四) 几种电缆绳帽比较	226	三、过电缆防喷阀门 (BOP)	258
三、加重杆	226	四、GSF-350 型气井试井井口装置	261
(一) 普通加重杆	226	五、滑轮组	262
(二) 可通过信号线的加重杆	228	六、井口仪器捕捉器	263
(三) 附在电缆上的加重杆	228	七、球密封空心安全接头	265
(四) 各种加重杆的比较	230	八、化学剂注入短节	266
四、接头	230	九、偏心测试井口装置	269
(一) 关节式接头	230	(一) DPAI 型单转动偏心井口	269
(二) 快速连接头	230	(二) SPAI 型双转动偏心井口	270
(三) 滚输杆接头	230	十、偏心井口防喷装置	271
(四) 加速度接头	230	(一) 可放式防喷装置	271
(五) 各种接头用途的对比	230	(二) 压入式防喷装置	271
五、振击器	233	(三) HK-1 型倾斜式防喷管	271
(一) 水力振荡器	233	十一、井口装置生产厂家	275
(二) 直接式机械振击器	233	第四节 电缆、钢丝、钢丝绳	276
(三) 关节式振击器	233	一、普通试井钢丝	276
(四) 机械弹簧式振击器	233	二、防硫试井钢丝	276
(五) 管式振击器	236	三、试井电缆	276

四、钢丝绳	277	测试工艺	308
第三章 试井工艺	281	(二) SH3 型回声仪液面测试工艺	308
第一节 测试前的准备	281	(三) ZJY-I 型液面自动监测仪液面 恢复测试工艺	309
一、测试施工设计	281	(四) 压力计探测液面工艺	309
二、设备的准备	281	六、示功图测试工艺	309
(一) 试井绞车	281	(一) 机械式示功仪测试工艺	309
(二) 深度计量装置	282	(二) 电子示功仪测试工艺	310
(三) 指重传感器	282	七、注水井测试工艺	311
(四) 防喷装置	282	(一) 注水井全井指示曲线测试工艺	311
三、测试仪器及工具的准备	283	(二) 注水井分层测试工艺	311
(一) 井下压力测试前的准备	283	(三) 测试注意事项	313
(二) 井下温度测试前的准备	286	第三节 资料采集与验收	313
(三) 井下取样前的准备	287	一、数据的采集	313
(四) 井下液面测试前的准备	287	(一) 数据采集内容	313
(五) 示功图测试前的准备	288	(二) 数据报表参考格式	315
(六) 注水井分层测试前的准备	289	二、测试资料的验收	315
四、对测试井的要求及其准备	289	(一) 机械式压力计压力记录曲线的验收 要求与识别	315
(一) 压力测试	289	(二) 微差压力计压力记录曲线的验收 要求与识别	323
(二) 高压物性取样	289	(三) 电子压力 / 温度计资料验收 要求	325
(三) 测油井动 (静) 液面	289	(四) 机械式温度计资料质量验收 要求	325
(四) 测示功图	290	(五) 井下取样样品的现场鉴定与 转样	326
(五) 注水井分层测试	290	(六) 动 (静) 液面记录曲线质量验收 要求与识别	327
第二节 现场测试工艺	290	(七) 示功图质量验收要求与识别	328
一、井下压力测试工艺	290	(八) 注水井分层测试卡片质量验收 要求与识别	330
(一) 自喷井测压工艺	290	三、不合格测试资料的原因分析	330
(二) 抽油井测压工艺	297	(一) 不合格测压卡片原因分析	331
(三) 气井测压工艺	302	(二) 不合格液面曲线原因分析	331
二、井下温度测试工艺	304	(三) 不合格示功图原因分析	331
(一) 井下温度测试方法	304	(四) 不合格注水井分层测试卡片原因 分析	332
(二) 温度测试中应注意的几个问题	304	第四节 安全	334
三、井下取样工艺	305	一、测试中安全注意事项	334
(一) 全井取样工艺	305		
(二) 分层取样工艺	306		
(三) 水力活塞泵井井下取样工艺	306		
四、特殊井测试工艺	306		
(一) 高凝油常规自喷井测试工艺	306		
(二) 稠油蒸汽吞吐井测试工艺	307		
(三) 气举井测试工艺	307		
五、井下液面探测工艺	308		
(一) CJ-I 型双频道回声仪液面			

(一) 高压试井安全注意事项	334	(四) 防卡钻	337
(二) 低压试井安全注意事项	335	(五) 防跳槽	337
(三) 气井试井安全注意事项	335	三、常见事故的处理	337
二、几种常见事故的预防	336	(一) 打捞前的准备	337
(一) 防脱扣	336	(二) 打捞落物过程中的措施	339
(二) 防顶钻	336	(三) 打捞注意事项	341
(三) 防拔断	336	第五节 油气井测试工艺综合指南	341

总 论

试井是油气藏工程的组成部分,它涉及到油层物理、储层物性、流体性质、渗流理论、计算机技术、测试工艺和仪器仪表、设备等各个领域,是勘探开发油气田的主要技术手段和基础工作之一。

试井是一门新兴的综合性学科,与其他学科相比还很年轻。半个多世纪以来,从用一支记录笔仅能记录井下最高压力的一种简单的玻登管压力计,发展到现在,压力计的设计和制造已十分精细,并且臻完善。由记录、走时和感压三大关键系统组成的机械压力计已能录取井下压力变化的各种特征,测量压力的精度已达到 0.2%,井下工作时间可达 360~480h,其工作温度达到 150℃~370℃,种类已达几十种之多。近 20 年来,随着计算机技术的飞速发展,计算机技术也应用到试井领域。60 年代末,美国 HP (Hewlett Packard) 计算机公司研制成功了世界上第一支石英晶体电子压力计,测量精度达到 0.025%,灵敏度达到 0.00014MPa,采样速度达 1 个测点/s。石英晶体电子压力计可遥控测试,井下压力变化可从地面二次仪表观察,测试时间的长短可根据需要控制,这样,显著地提高了试井分析的有效性。目前电子压力计品种有几十种,有的可在地面直读井下压力、温度参数,有的可将录取的资料在井下储存起来,仪器取到地面后再进行回放等。迄今为止,石英晶体压力计仍是精度和灵敏度最高的一种。这类高精度电子压力计的出现,进一步拓宽了试井技术的应用领域。

试井理论半个世纪以来有了很大的发展。40 年代以前,人们只认识到测静压。之后,发现静压的测取与关井时间有关,以及压力恢复时间的长短反映了井周围地层渗透性的好坏等问题。1933 年穆尔 (Mocre) 等人最早发表了利用压力动态数据确定地层渗透率的论文。1950 年两篇文章的问世奠定了现代试井理论的基础。一篇是霍纳 (Horney) 发表的,提出用图解法解释测试的压力资料,即压力恢复值与生产时间加关井时间的和,除以关井时间的对数值成线性关系。另一篇是米勒 (Miller)、戴斯 (Dyes)、哈钦森 (Hutchinson) 合著的,提出压力恢复值与关井时间的对数值成线性关系。这两种方法是我们沿用至今的霍纳法和 MDH 法。一般说,前者适用于尚未全面开发油田的新井,后者适用于老油井。这就是通常称之为常规试井分析的方法。

试井理论的发展与计算机应用技术的结合,使试井分析方法形成一套比较完善的现代试井分析方法,即图版拟合解释法。近 20 年国外专家发表了一系列典型曲线,如 1970 年雷米 (H.J.Ramey,J.) 发表无限大均质地层中,一口具有井筒储存和表皮效应井的典型曲线;格林加登 (A.C.Gringarten) 等发表了具有垂直裂缝井的典型曲线;80 年代布尔代 (D.Bourdet) 等发表了双重孔隙系统的典型曲线,以及相应的压力导数典型曲线等。近 10 年来,国内外一批学者、专家编制了各种类型的试井解释软件,在计算机的辅助下,不同条件的压力特性数值解可以准确完善地反映均质或非均质系统的动态特征。目前,国内许多油田已应用试井解释软件进行试井分析,求解测试层的各项参数。

试井技术的不断发展,试井在勘探开发油气藏中的应用也越来越广泛,尤其是在地层测试方面,如电缆地层测试和钻柱地层测试。

电缆地层测试是 50 年代中期发展起来的新技术。1955 年斯伦贝谢 (Schlumberger) 测井公司制造出第一台电缆地层测试器, 起初的目的是为了抽取地层流体样品, 以验证测井资料的可靠性, 随着测试工具的改进, 电缆地层测试已具有试井功能, 60 年代投入工业性使用。之后, 斯伦贝谢公司又研制了一次下井可进行多点测试的工具, 称为重复式电缆地层测试器 (简称 RFT)。目前世界上还有 FMT、SFT 等不同类型的重复地层测试器, 可测得井筒内纵向上的压力剖面。重复式地层测试工具是一种功能独特, 用途广泛的测试技术, 对于判断测试层的垂向水动力场和确定油气水界面位置具有重要作用。

钻柱测试技术的发展比试井测压和电缆地层测试更为早些。但随着试井技术的兴起, 在钻柱测试管柱中安装了压力计, 并定名为“DST”。为了保证成功地进行地层测试, 国外各公司, 如哈利伯顿 (Hallibarton) 公司和江斯顿 (Jahuston) 斯伦贝谢 (Schlumberger) 公司等, 积极改进地层测试器, 并不断完善, 使钻柱测试成为勘探评价的重要工具。

我国试井技术的应用始于 50 年代中期, 30 多年来有了很大的发展。玉门油田是我国最先开展试井工作的油田, 60 年代初, 大庆油田的发现和开发, 十分重视录取第一性资料, 充分利用压力资料指导油田开发, 这一期间我国试井技术有了迅速的发展。童宪章、王德民研究总结了适合大庆油田的试井分析实用方法。童宪章总结自己多年的实践经验, 编写了《压力恢复曲线在油气田开发中的应用》[●]一书, 指导了我国试井分析工作的开展。80 年代以来, 随着国外先进技术的引进, 试井工作有了较大的发展。试井工作领域由开发扩展到勘探, 由生产井、注水井测试扩展到探井测试, 由单井测试扩展到一定控制面积内的测试。在测试工具仪表装备上, 随着电子压力计的引进, 促进了国产井下仪表的发展, 除了机械式压力计的性能指标不断完善提高外, 振弦式、固阻式等电子压力传感器研制成功并投入使用。钻柱地层测试器在引进的基础上也逐步实现国产化, 电缆地层测试器的研制也取得初步成果。

综上所述可以看出, 试井测试技术是认识油气藏, 进行油气藏评价和生产动态监测, 以及评估完井效率的重要手段。试井测试所录取的资料是各种资料录取方法中, 唯一的在油气藏处于流动状态下所获得的信息; 资料的分析结果最能代表油气藏的动态特性。目前, 应用试井测试手段可以确定油气藏压力系统、储层物性、生产能力和动态预测, 以及判断油气藏边界和估算储量等。随着我国试井技术应用的深度和广度的发展, 试井测试在油气藏勘探开发中的重要地位将愈加明显。

目前, 在国外以及我国的海上油田试井测试技术的应用已相当普遍。试井测试已成为完井交井工作中必不可少的工作程序和步骤。试井测试资料是进行油气田评价和编制油田开发方案时必须提供的资料。充分利用测试资料指导部署探井和调整井, 提高探井的成功率和调整井的有效率, 这比单一用估井的方法要经济得多。

为了推动试井测试技术在我国的应用; 提高油气田勘探开发的经济效益, 为油藏数值模拟提供完善准确的基础资料, 我们编写了这本《试井手册》, 为广大的石油工作者提供一本实用的工具书。特别是为进行油气田勘探开发的甲方 (安排油气田勘探开发部署方) 和乙方 (部署实施或测试方) 的广大工程技术人员提供一本试井工作指南。

《试井手册》在编排形式上尽量做到条目鲜明, 便于查阅和使用; 在内容安排上力求全面系统, 利于对照和应用。全手册共分四篇十四章。

[●]该书于 1983 年由石油工业出版社出版。

第一篇共三章，第一章和第二章介绍试井测试所必需的仪表设备和工具，收集了目前国内广泛使用的和先进的产品；以及近十年来，从国外引进的先进试井仪表和装备；并对各种型号的同类产品的特点进行分析对比，供选择仪表装备时参考。对于一些虽然结构简单但实用价值很高的工具也编入了手册，以启发人们解决测试中所遇到的一些实际问题。可以说，本手册所收集的仪表装备是目前国内最完全的，其中也包括当今世界上的各种先进仪表装备。第三章试井工艺，是总结了现场测试经验编写而成的，对现场测试工作具有指导作用。第三章最后一节编制了各类井的测试工艺综合大表，便于施工设计时参考。

第二篇共有七章，主要内容是试井设计和试井分析技术。第四章为试井设计，在以往的试井工作中很少重视试井设计，往往只凭经验和直觉进行试井工作，难于实现有效的分析。随着试井技术的发展，以及对效益的重视，人们希望有效地取得试井测试资料，试井设计已成为必不可少的工作程序。为此专门编写了这一章，介绍不同井别和各种试井方式下，编制试井设计的基本方法，从而指导试井工程技术人员进行试井设计。第五章到第十章为油气水井的试井分析技术，较完善地介绍各种常用的试井测试资料解释方法。各章的编写着重提供试井分析方法的应用，并有丰富的实例作为参考，而不过多涉及理论引证和公式推导。内容安排是以自喷井的试井分析为基础，注水井、气井和非自喷井的试井分析都分章介绍。第七章专门介绍多井试井的试井分析方法。

第三篇共有两章，系统地介绍地层测试技术。第十一章和第十二章分别叙述钻柱测试和电缆地层测试。我国在钻柱测试中广泛使用的是美国江斯顿公司的工具，近几年又引进了新一代的哈里伯顿工具，它们都能在不同地质和钻井条件下完成测试任务。钻柱测试这一章介绍了目前世界上先进的和常规的各种钻柱测试工具的性能和规范；测试分析方法中，除常规分析外，还收集了各类测试卡片供分析时参考。第十二章详细介绍了 80 年代引进的电缆地层测试工具的性能和资料解释方法。目前，电缆地层测试在我国尚未普遍应用，但由于该方法具有特殊功能，近期内在我国推广应用的前景是广阔的。

第四篇共二章，分别介绍不同试井方法在油气田勘探开发中的应用实例，以及国内近 10 年研制开发的现代试井解释综合软件。

附录部分提供试井分析所必需的资料，如 Ei 函数表，流体的 PVT 性质和岩石特性数据，附录 3 还总结了第二篇试井分析中有关计算公式和单位换算。

这本《试井手册》是我国第一部试井专业手册，力求做到内容齐全准确，使用方便实用。但由于水平所限，不足之处，希望广大读者提出批评和意见。

第一篇 试井设备及工艺

第一章 试井仪器仪表及校准

第一节 机械式井下压力计

根据感压元件和记录方式的不同,机械式井下压力计可分为三种:(1)弹簧管式井下压力计;(2)弹簧式井下压力计;(3)其他型式机械压力计。

一、弹簧管式井下压力计

(一) CY613-A 型井下压力计 (图 1-1)

1. 仪器结构

CY613-A 型井下压力计由四部分组成。

(1) 外壳部分

主要包括绳帽、钟筒、记录装置外壳、弹簧管外壳等。

(2) 记录部分

主要包括钟机、摩擦轮、螺杆、记录筒、记录笔、螺杆支承及钟机压紧接头等。

(3) 感压部分

主要包括螺旋弹簧管、褶皱盒、心脏主体、毛细管等。

(4) 温度计部分

主要由最高温度计、金属护套、温度计外壳及尾锥组成。

2. 工作原理

仪器采用多圈式弹簧管做为压力测量元件,用毛细管连通褶皱盒(封包)和弹簧管,其内腔充满传压介质。被测压力作用于褶皱盒上,褶皱盒受压缩,容积变小,由于传压介质不可压缩,溢出的介质经毛细管传输给弹簧管,使弹簧管自由端径向扩张,实际上随压力的变化而成比例地伸展。当仪器承受测量范围内的最高压力值时,其伸展角度为 $240^{\circ} \sim 280^{\circ}$ 。弹簧管伸展时带动装在其自由端的记录笔在与弹簧管轴向垂直的平面内旋转,并在记录筒内的记录卡片上划出印痕(此印痕距基线的高度与被测压力成正比),同时,记录筒在钟机带动下向下匀速移动。这样的旋转和上下运动构成了时间—压力座标系统的记录图,即压力记录卡片。

3. 技术性能 (见表 1-1)

(二) CY613-B 型井下压力计

该压力计的结构和工作原理与 CY613-A 型压力计完全相同。其不同点仅在于弹簧管的材质采用的是耐高温的 50CrV 管材,耐压 30MPa。其技术性能见表 1-1。

(三) JY72-1 型井下压力计

1. 仪器结构

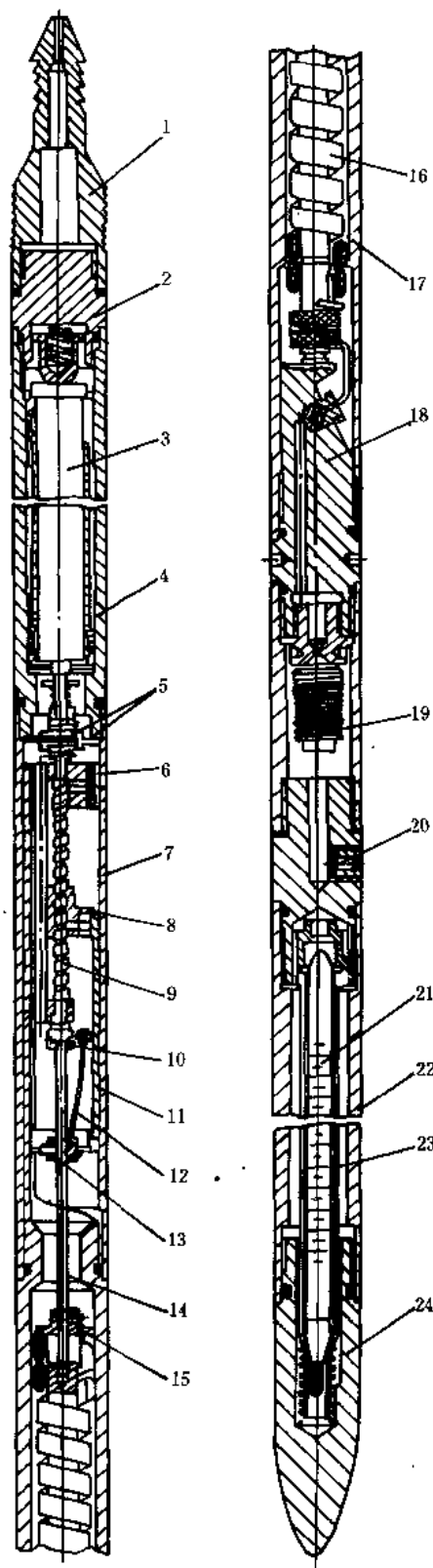


图 1-1 CY613-A 型井下压力计结构图

1—绳帽；2—钟机压紧接头；3—钟机；4—钟筒；5—摩擦轮；6—螺杆上支承；7—记录装置外壳；8—记录筒固定套；9—螺杆；10—支承螺丝；11—记录筒；12—记录笔；13—固定螺钉；14—记录笔杆；15—记录笔杆承套；16—螺旋弹簧管；17—外壳；18—心脏主体；19—褶皱盒；20—滤网；21—最高温度计；22—温度计外壳；23—金属护套；24—尾锥

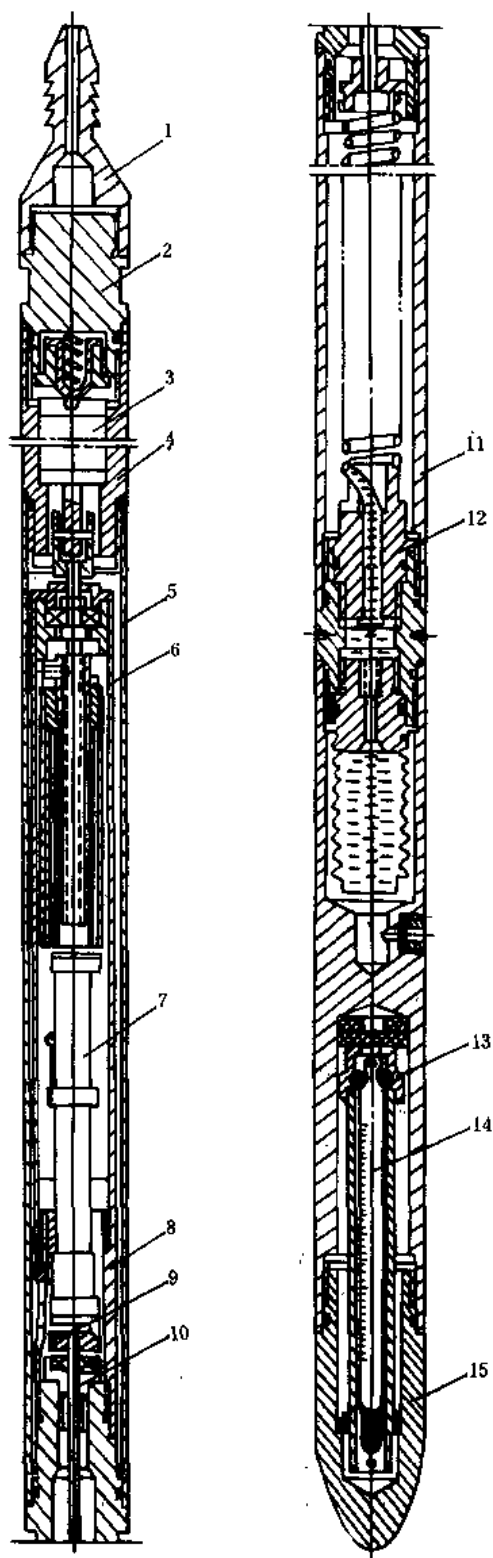


图 1-2 JY72-1 型井下压力计结构图

1—绳帽；2—钟机压紧接头；3—钟机；4—钟筒；5—记录部分外壳；6—记录筒；7—记录笔部件；8—中间接头；9—紧固螺钉；10—轴承座（导向螺钉）；11—机心外壳；12—机心部件；13—温度计部件；14—温度计；15—导锥