

电缆地层测试器

原理及其应用

马建国 符仲金 编著



石油工业出版社



内 容 提 要

本书系统地介绍了电缆地层测试器的发展史,地面设备及井下仪器的功能和原理,介绍了电缆地层测试器的测井方法和解释技术,并通过大量应用实例说明了电缆地层测试器在油气田勘探与开发中的重要作用。

本书内容丰富,实用性强,深入浅出,可满足各类读者需要。可供石油测井、测试、勘探、地质、试油、试井、油藏工程与采油工艺工程技术人员阅读,也可供油田领导及大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电缆地层测试器原理及其应用 / 马建国, 符仲金编著

北京: 石油工业出版社, 1995.6

ISBN 7-5021-1284-7

I. 电…

II. 1 马…2 符…

III. 油气勘探—测井仪—油气测井

IV. TE15

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 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 $11\frac{1}{2}$ 印张 279 千字 印 1—1500

1995 年 6 月北京第 1 版 1995 年 6 月北京第 1 次印刷

定价: 12.00 元

前 言

电缆地层测试器是 1955 年才问世的, 该仪器经过三代改进, 目前已相当成熟和完美。它既是一种重要的测井手段, 又是在钻井阶段就能完成地层测试和试井主要任务的井下工具, 对于油田早期评价和动态变化监测均有重要意义。因此在国外, 电缆地层测试器是每口井的必测项目。我们常常可以看到国外一些报导, 讲某油田仅用一口井或几口井就将油田勘探清楚, 拿下储量。在它的介绍中, 必然会强调使用了电缆地层测试技术。不容置疑, 电缆地层测试技术是功能独特, 使用价值极大和有着巨大潜力的一项重大科技进步硕果。

两位著者分别参加电缆地层测试器研制、研究以及资料的解释及应用工作已分别有 20 多年和 10 多年, 并多次去油田推广应用。经过国内许许多多志士仁人的共同努力, 目前电缆地层测试技术已在我国不少油田得到广泛应用, 为油气田的勘探、开发做出了一定的贡献。但是, 推广应用的规模如何呢? 我国引进钻杆地层测试器的时间与电缆地层测试器相比, 几乎是同时的, 但是到 1991 年, 已在 50% 以上的探井中用钻杆地层测试器测试技术取代普通试油技术, 可见普及率之高。而电缆地层测试器的应用与之相比就显得差距太大了。不少油田, 一年的测井次数不到 10 口, 因此, 电缆地层测试技术在我国发展是比较缓慢的。我国电缆地层测试器的引进是与国外技术发展水平同步的。70 年代末引进的 3600 系列仪器是当时国外通用的型号, 80 年代中期引进的 3700 系列的 FMT 及 CSU 系列的 RFT 都是通用的仪器, 也都属于世界先进技术。通过本书中所列举出的几个油田的应用实例表明, 这两种仪器是适用于我国大多数油田的地质条件的。但是由于电缆地层测试器是测井仪器中机械结构最复杂的一种, 它使用高电压、大电流, 机械动作繁多, 因此比一般测井仪器难掌握、难维修。同时由于制造成本高, 测井费用高, 用户不愿多用, 因此平时任务少; 任务多起来, 自然成功率会更高, 功能发挥会更多, 地质效果会更大, 使用费用也会降下来。

电缆地层测试器的直接用户是勘探部门的地质师和油藏工程师, 油田开发部门的油藏工程师和地质师, 采油工艺工程师和油田领导。

本书写作目的之一是向用户介绍电缆地层测试器的结构、原理及解释方法, 论述电缆地层测试器在勘探、开发中的广泛用途。让人们清楚地认识到, 在勘探阶段和生产开发阶段, 大量使用电缆地层测试器测井是必要的和有益的, 了解测试资料的价值, 应该不惜必要的花费, 从电缆测试寻求解决地质和油藏工程问题的答案。鼓动大家来了解它、使用它, 让它发挥出巨大潜力。更好地解决地质和油藏工程上大量的实际问题和疑难问题, 为石油勘探和开发立功, 为石油和天然气的增储上产立功。

本书写作目的之二是向专业技术干部和工人介绍电缆地层测试器本身的全套技术, 包括结构、原理、标定、维修、操作、解释和应用。要点突出, 使得对读者的专业工作有所借鉴, 有所启发。

电缆地层测试在今天已经是应用相当广泛的技术了, 对于石油工业许多行业的技术人员, 都有必要了解, 所以在本书的写作中注意了既照顾专业技术人员的需要, 也满足非专业技术人员的需要, 尽量做到深入浅出, 以便使各类读者阅读后都能从中受益。

由于电缆地层测试技术兼有石油天然气测井、测试、试油、试井的某些功能, 它广泛地

涉及到许多学科。因此编写本书的难度是相当大的。著者虽尽最大努力但因水平有限，书中难免有误或不妥之处。欢迎读者批评指正。

本书前言，绪论，第一、二、三、四、十章以及第六章的第二、三、四节由马建国编著；第五、七、八、九章以及第六章第一节由符仲金编著；全书由马建国统稿。

作者

1993年11月15日

目 录

绪论	(1)
一、电缆地层测试器发展史	(1)
二、电缆地层测试器概述	(6)
三、电缆地层测试在油气田勘探开发中的地位	(7)
第一章 电缆地层测试器的设备	(9)
第一节 地面设备	(9)
第二节 井下仪器	(9)
一、井下仪器构成	(9)
二、井下仪器技术规格 ⁽⁵⁾	(11)
第三节 辅助设备	(12)
第二章 井下仪器工作原理	(15)
第一节 仪器推靠及预测试原理	(15)
第二节 取样测试的控制原理	(17)
第三节 主要液压部件功能介绍	(21)
一、地层流体探测器	(21)
二、液压动力系统的软启动装置	(21)
三、四通阀(Four-Way Valve)	(23)
四、单向阀及双导单向阀 ⁽⁵⁾	(24)
五、溢流阀(Relief Valve)	(24)
六、电磁阀(Solenoid Valve)	(24)
第四节 压力测量	(24)
一、应变压力计 ⁽⁶⁾	(24)
二、HP 石英晶体压力计	(28)
第五节 取样系统与转样	(29)
一、取样系统	(29)
二、转样设备	(29)
三、转样方法	(31)
第六节 井下仪器电子线路说明 ⁽⁷⁾	(32)
一、应变式压力计温度测量	(33)
二、应变式压力计放大器线性驱动	(33)
三、电源线路	(34)
四、步进继电器开关	(35)
第三章 面板说明	(36)
第一节 面板构成	(36)
一、1968×A 控制面板	(36)
二、1969×A 电源面板	(38)

三、FMT 心轴测试面板	(40)
第二节 1968×A 控制面板说明	(41)
一、测量信号处理路径 ⁽³⁾	(41)
二、主要线路说明	(42)
第四章 仪器标定与保养	(49)
第一节 应变压力计油田主标定	(49)
一、仪表	(49)
二、安装	(49)
三、车间主标定程序	(50)
四、井场标定程序	(52)
第二节 静重压力标定台	(53)
第三节 HP 石英压力计的标定	(56)
第四节 维修保养与质量检查 ⁽³⁾	(58)
一、清洗检查	(58)
二、修整性检查	(58)
三、质量检查	(59)
第五章 测试操作特殊要求	(60)
第一节 预测试层的选择	(60)
第二节 封隔器与探测器选择	(62)
一、封隔器	(62)
二、探测器	(63)
第三节 防粘附及打捞技术	(63)
一、造成井卡因素 ⁽²⁾	(63)
二、创造良好测试环境, 确保安全, 优质录取资料	(64)
三、打捞技术	(64)
四、卡点深度估算方法	(65)
五、判断仪器或电缆遇卡形式	(66)
第四节 测井图的质量控制	(67)
第六章 电缆地层测试解释理论	(72)
第一节 预测试压力曲线定性分析	(72)
一、RFT 模拟记录特征	(72)
二、压力模拟记录的定性分析 ^{(5) (13)}	(73)
第二节 地层有效渗透率计算	(77)
一、压力降分析法 (运用球形径向流方程式)	(77)
二、压力恢复分析法	(81)
三、解释实例	(87)
四、渗透率的快速解释	(90)
五、计算机解释技术	(92)
第三节 储层流体性质测量	(93)
一、密度的测量	(94)

二、电阻率的测量	(96)
三、粘度的测量与计算	(96)
四、气液比计算	(100)
五、测试层产物预计	(101)
六、计算地层水含量及地层含水率	(103)
七、计算地层流体天然气溶解度	(103)
八、取样测试的流量及畅喷产油能力计算	(105)
第四节 压力测试资料的其它应用	(108)
一、判断储层的压力状态 ⁽⁹⁾ (图 6-42)	(110)
二、判断流体两相界面, 判断层间连通与隔离 ^{[5] [7] [9]}	(110)
三、井眼总深度以下油、水界面的测定 ^{[5] [7]}	(112)
四、建立区域油层等压线图	(112)
第七章 电缆地层测试压力资料的应用	(115)
第一节 泥浆静液柱压力分析	(115)
一、了解储层产液情况	(115)
二、检查泥浆性能	(115)
第二节 地层压力分析	(116)
一、确定断层封闭性	(116)
二、油气藏特征早期评价	(118)
三、直观了解地层流体性质	(124)
第八章 电缆地层测试计算渗透率的应用	(128)
第一节 计算地层渗透率	(129)
一、压降法计算实例	(129)
二、压力恢复法计算渗透率实例	(131)
第二节 各种渗透率的对比分析	(134)
一、压降法渗透率 (k_D) 与岩心分析渗透率 (k_f) 关系	(134)
二、球形压力恢复渗透率 (k_s) 与 DST 钻杆测试渗透率关系	(134)
第三节 影响因素	(135)
第九章 电缆地层测试资料在油田开发调整中的应用	(138)
第一节 油气藏类型的预测	(138)
一、层状油气藏	(138)
二、块状油气藏	(140)
第二节 油气层污染评价	(144)
一、泥浆性能对测井信息的影响	(145)
二、超压钻井的影响	(145)
三、利用 RFT 时间推移测井资料来评价油气层被污染程度	(146)
四、效果分析	(148)
第三节 储层动态监测	(148)
第四节 应用测试资料调整注采关系	(150)
一、调整注采关系, 增加水驱效果	(150)

二、计算弹性产率·····	(156)
第五节 在工程事故中的应用·····	(156)
一、判断引发井喷、井涌和泥浆外溢地层层位·····	(156)
二、判断引发井漏地层层位·····	(157)
第十章 电缆地层测试器的最新发展·····	(161)
第一节 组件式地层动态测试仪器 (MDT) ^{〔1〕〔2〕〔5〕} ·····	(161)
第二节 单探测器地层测试求地层水平和垂直渗透率 ^{〔3〕〔4〕} ·····	(164)
第三节 多探测器地层测试计算水平和垂直地层渗透率 ^{〔5〕〔2〕} ·····	(168)
附录 石油测井中常用的许用单位与非许用单位换算表·····	(174)

绪 论

一、电缆地层测试器发展史

电缆地层测试器 (Wireline Formation Tester) 是唯一能进行地层动态测试的测井仪器, 1955 年由斯仑贝谢 (Schlumberger) 测井公司研制成功。最早的地层测试器功能主要是进行地层流体取样, 而以后生产的地层测试器 (Formation Tester Tool) 增加了测压功能。它用于软地层时, 不带聚能射孔弹, 用于硬地层或套管井时要带聚能射孔弹。稍后一些的产品是地层间隔测试器 (Formation Interval Tester), 它有两个取样口, 每一个取样口处设置一发聚能射孔弹。两个取样口间距为几十厘米, 目的是保证密封的可靠性, 同时也为了增加该层段取样, 测压结果的代表性。

这一代电缆地层测试器的型号还有多节式流体取样器⁽¹⁾和地层流体取样器^(2, 8)等等 (图 1, 图 2, 图 3)。地层流体取样器是德莱赛·阿特拉斯公司的产品。这一代电缆地层测试器在 60 年代和 70 年代应用很多, 它们的特点是: ①一次下井只能对一个储层进行一次测试, 也就是说只有一个测点。可以取到地层流体样品, 也可以测出取样全过程的地层压力变化曲线 (包括推靠前泥浆柱静压, 推靠后地层流体流动压力, 取样筒充满后的地层恢复压力, 最后地层静压)。②可以通过对样品的分析给出地层流体样品的气油比、含水率, 测出地层流体样品 API 相对密度。所装的最高温度计可给出取样点地层温度, 可计算出地层流体粘度、地层有效渗透率及地层生产率特性。③仪器的液压系统动力源是泥浆柱静压, 通过仪器内压力倍增器增压, 使液压系统产生高压。④所有的液压阀 (包括推靠阀、取样阀、样品密封阀、倒泄阀、平衡阀) 都通过地面控制通电, 将爆炸阀打开, 而实现液压控制。⑤压力计采用多圈式弹簧管压力传感器, 电位器与弹簧管末端相联, 输出电压信号, 因此测压精度低, 约为 0.5%。

新一代的电缆地层测试器首推重复式地层测试器简称 RFT⁽³⁾ (图 4), 也是由斯仑贝谢测井公司发明的, 它于 1971 年完成了可行性研究, 1973 年完成油田试验, 在 1974 年首次批量生产, 到 1984 年初已有 500 套仪器在世界各地投入商业性服务。尔后它的产品一直在不断地改进。

西方阿特拉斯测井公司同档次的仪器是多次地层测试器 (Formation Multi Tester), 简称 FMT⁽⁵⁾ (图 5), 它是该公司 1980 年开始批量生产的, 为 1925 系列。1983 年对它又作了较大改进, 称为 F0203M 系列。1988 年作了进一步改进, 型号是 1966M_B, 每过一两年都会有些改进。性能和质量完全可以与斯仑贝谢公司的相媲美。它的最大特点是取样时, 可根据地层特点控制和调整取样管线内的压力。

吉尔哈特公司的地层测试器称为选择式地层测试器 (Selective Formation Tester)⁽⁴⁾ 它也作了几次改进。该仪器的最大特点是推靠器以下的接头像汽车万向节头一样, 可改变下段的角度, 保证推靠到井壁时, 密封垫与地层很好地密合, 以提高测试成功率。

这一类新型电缆地层测试器⁽¹⁸⁾ 是目前国内外普遍使用的仪器, 它们淘汰了爆炸阀控制, 而采用电磁阀控制; 不用泥浆柱压力作动力源, 而用电动泵作动力源全部采用了密闭液



图1 地层测试体推靠部分照片

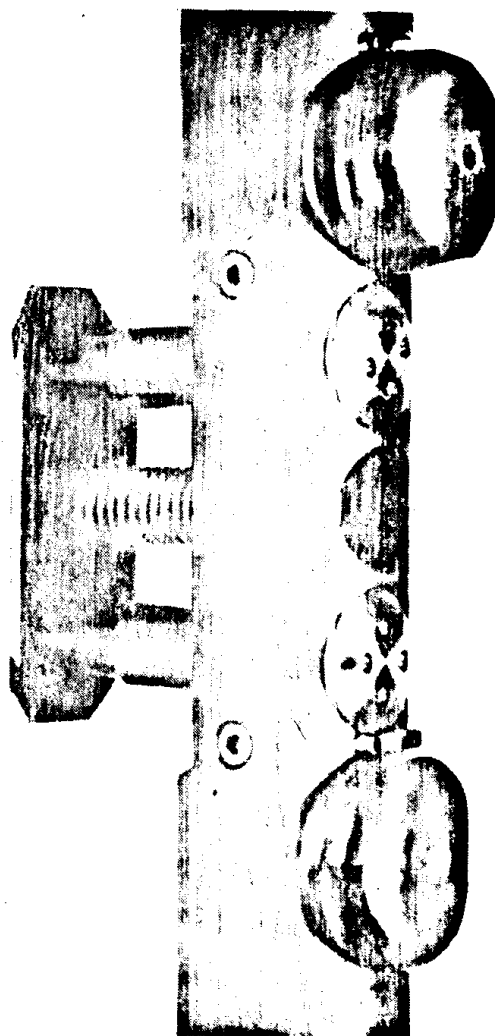


图2 间隔式地层测试器枪体部分照片

压系统，提高了可靠性和自动化程度；地面仪器采用计算机数字控制和记录，实现了数控测井；这类仪器使用的压力计均由原来的弹簧管压力计发展为应变计压力传感器或石英晶体压力计，测量精度大大提高；这些仪器都没有预测试室，都可以根据需要在一次下井中无数次地测取地层压力，可以获取一口井的地层压力剖面资料，从而大大提高了这种测井方法的使用价值，人们对它更感兴趣的功能也由取样变成了

测压。

原苏联研制成功一种一次下井测 8 个样品压力的地层测试器，每年测 4000 个层。截止到 1979 年，大约测了 17000 次，应用效果是好的，大约 92%~95% 是地层定量测试，取得的结果 90% 与实际地质情况一致^[6]。80 年代以后，已有更大的改进。

在我国，电缆地层测试器的研究始于 1965 年，我国测井专家刘永年、蒋学明等同志在考察国外测井技术时，曾在阿尔及利亚参观了美国斯仑贝谢测井公司的电缆地层测试器，即

较老的地层测试器 (Formation Tester Tool)，细致地了解了工作原理及性能。回国后，刘永年同志组织西安石油地球物理仪器厂 40 多位工程技术人员开始研制攻关，1967 年拿出了样机，并在北京参展。从 1970 年到 1974 年，研制组在西安石油仪器二厂又研制出了一套两支样机，1975 年通过了石油化工部的验收，到 1978 年共生产了六套 DC-75 型电缆地层测试器，曾在大港、华北、大庆油田试验，分别取得成功。但终因维修和操作比较困难而未得到推广应用。

2

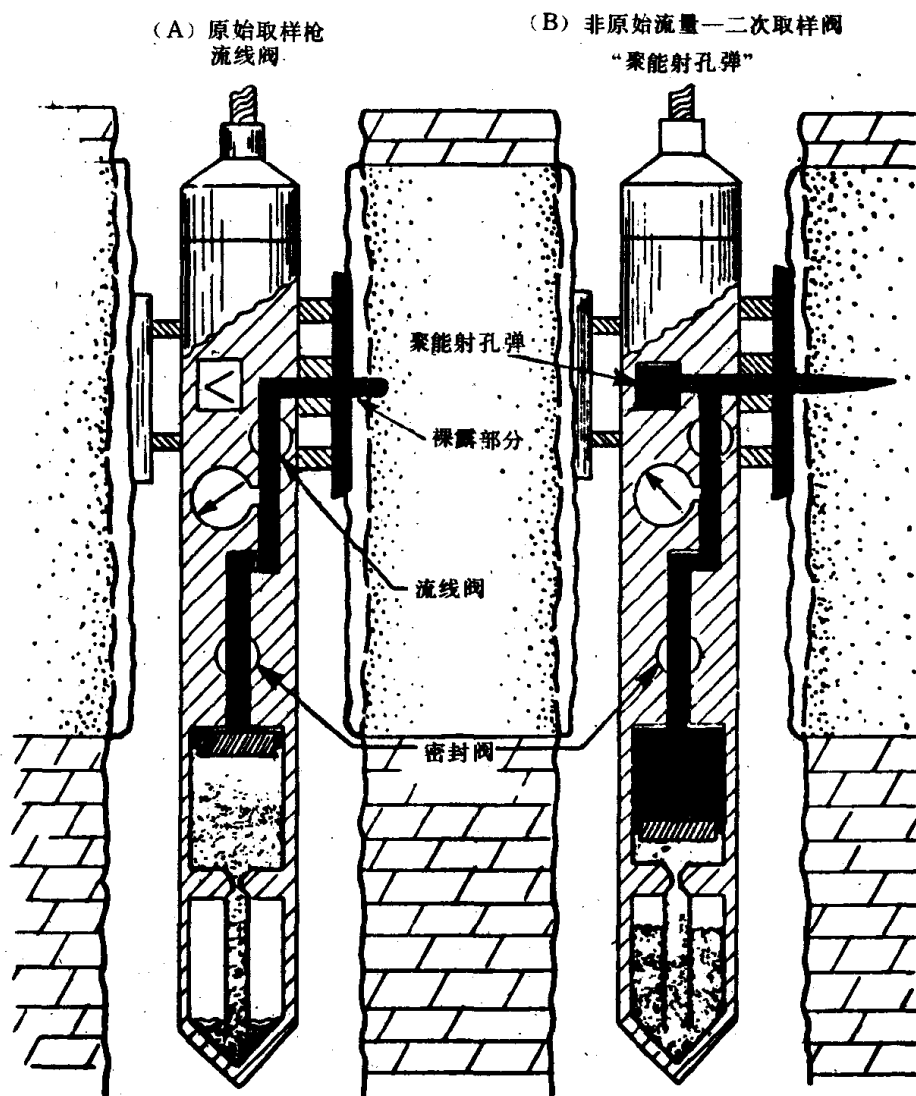


图 3 地层测试器工作示意图

1977 年我国引进德莱赛·阿特拉斯公司 10 套 3600 系列测井仪器，其中有裸眼井地层流体取样器 10 套和套管井地层流体取样器 4 套，它们分别与斯仑贝谢的地层测试器和间隔式地层测试器相当。这些仪器分布在大庆、胜利、四川、新疆油田和海洋石油公司，但使用不多，其原因仍是机械维修困难，操作不便，且初步使用时成功率不高，因此这些仪器相继在 1985 年前停用。

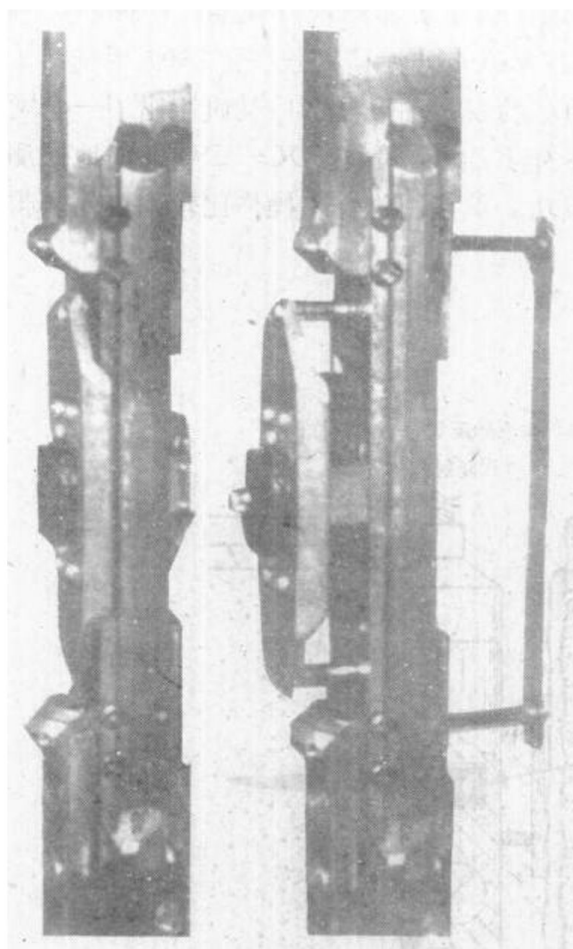


图4 RFT 推靠部分照片

80年代初,海洋测井公司、中原、辽河、胜利、四川、新疆、大庆等油田相继引进了斯仑贝谢公司的 RFT (重复式地层测试器) 或者阿特拉斯公司的 FMT (多次地层测试器)。而且 1990 年后,西安石油勘探仪器总厂生产了 3700 系列测井仪器,其中 FMT 多次地层测试器已有 20 余套,武装了我国各个油田。另外,中国船舶工业总公司第 705 研究所与中原石油勘探局测井公司联合于 1987 年开始联合研制,试制成功了 CDC 重复式地层测试仪,并于 1992 年 9 月通过了中国石油天然气总公司鉴定。这个项目获 1992 年总公司十大科技成果的称号。样机留在中原油田,今年生产出了第一批小批量产品,供应油田。

目前国内已有三十多套地层测试器正在各油田进行测井作业,其中中原油田使用最多,积累的经验也较为丰富。为了充分提高 RFT 的使用效率,中原油田还研制出专门进行地层测试的 CDC-901 地层测试仪器车(图 6、图 7)。中原油田 1983 年引进了 RFT 仪器,到 1991 年 7 月底,已测井 507 口^[11]、521 井次,测成功 3784 个测试点,成功率为 72.6%,其它各个油田也都积累了丰富的经验^[11, 12, 13]。

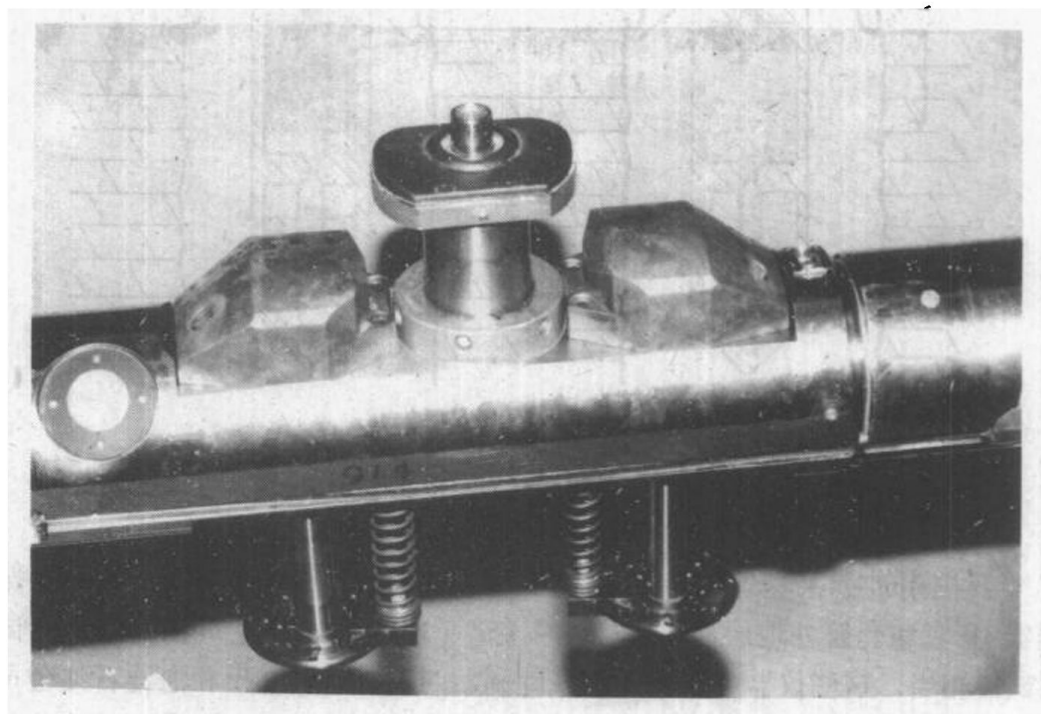


图5 FMT 推靠部分照片



图6 CDC-901 中原测试车照片

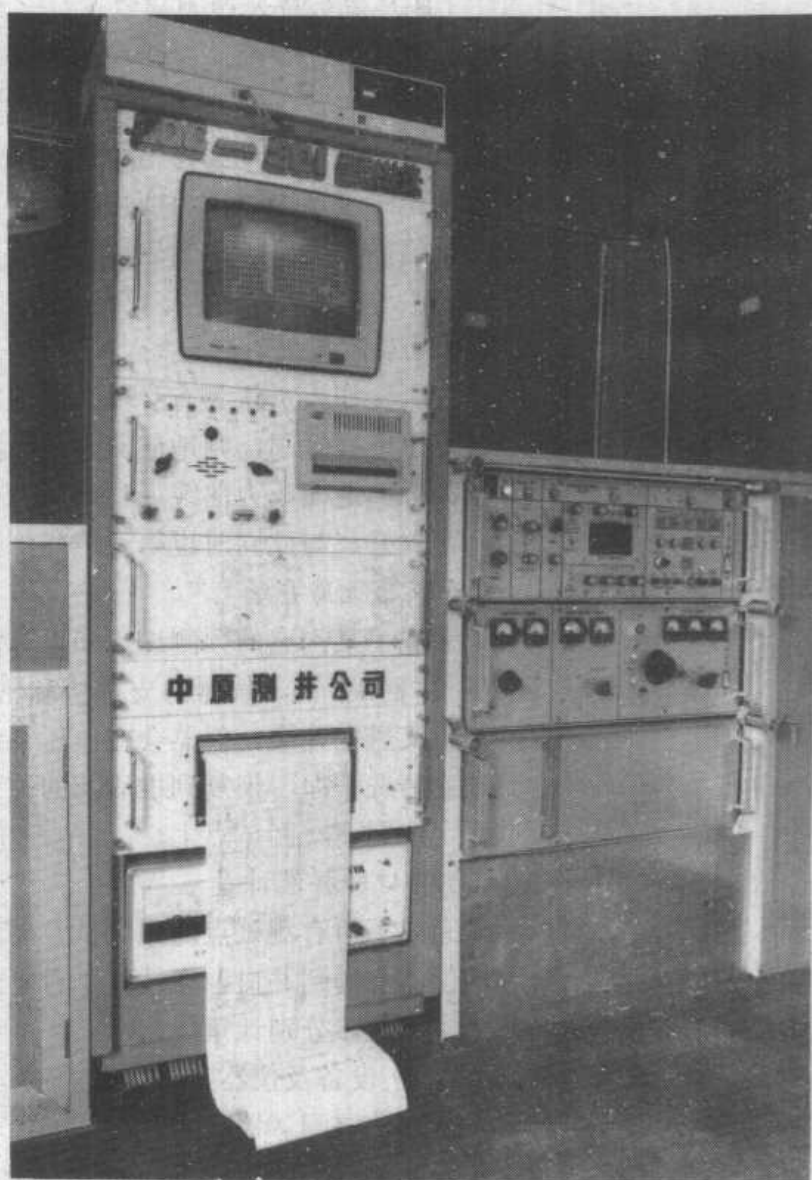


图7 CDC-901 中原测试车车内面板照片

二、电缆地层测试器概述

本书主要介绍目前国内外大量使用的电缆地层测试器，即 RFT（重复式地层测试器）和 FMT（多次地层测试器）。现在就其测井过程、主要设备和仪器、可取资料、解释理论先作简单的介绍，以便读者有个概括的了解^[9, 10]。

（一）测井程序

1. 仪器准确定位

井下仪器依靠自然电位曲线或自然伽马曲线来定位，将仪器探测器对准预定的目的层位。

2. 仪器贴靠井壁

仪器探测器周围是橡胶密封垫，密封垫的另一侧是支撑板，见图 8。在液压系统的推动下，支撑板和密封垫分别紧贴井壁一侧，密封垫中心的探测器口只和欲测试目的层流体相通，既和井筒泥浆隔离，也和其它地层隔离，这就为测试作好了准备。

3. 地层流体进入预测试室

仪器推靠密封的同时，探测器顶破井壁泥饼，伸入地层，由于仪器取样通道内只有 1 个满则关闭，与此同时，样品压力计就将整个过程中管线内的压力变化全部记录了下来。压力变化指开始是井筒泥浆柱静压，推靠后压力降，关闭后压力恢复，最后是地层静压。

4. 地层流体进入取样桶

如果操作人员认为有必要获取地层流体样品，就打开一个取样桶阀，则地层流体样品沿取样管线进入此取样桶。地面压力曲线观察到已经充满时，将其关闭、密封好，与此同时也得到取样测试压力曲线。

5. 仪器脱离井壁

完成了某测点的预测试（和取样测试）后，操作人员按“回缩”钮，仪器的支撑板和密封垫即可缩回，仪器重又悬在井中。仪器会在液压系统的推动下将预测试室清洗干净，恢复到推靠前的位置。可以将仪器重新定位到下一测试点上。

6. 井口转样及计量

完成了所有测试点的预测试及两次取样测试任务后，仪器上提到井口，在钻井平台上进行转样，分离油、气、水，分别计量体积。

（二）设备及仪器

电缆地层测试器有它自己的专用地面面板，它与地面仪器车配套使用。地面面板要完成供电、地面控制、信号处理，并将信号输往数字磁带记录系统和光

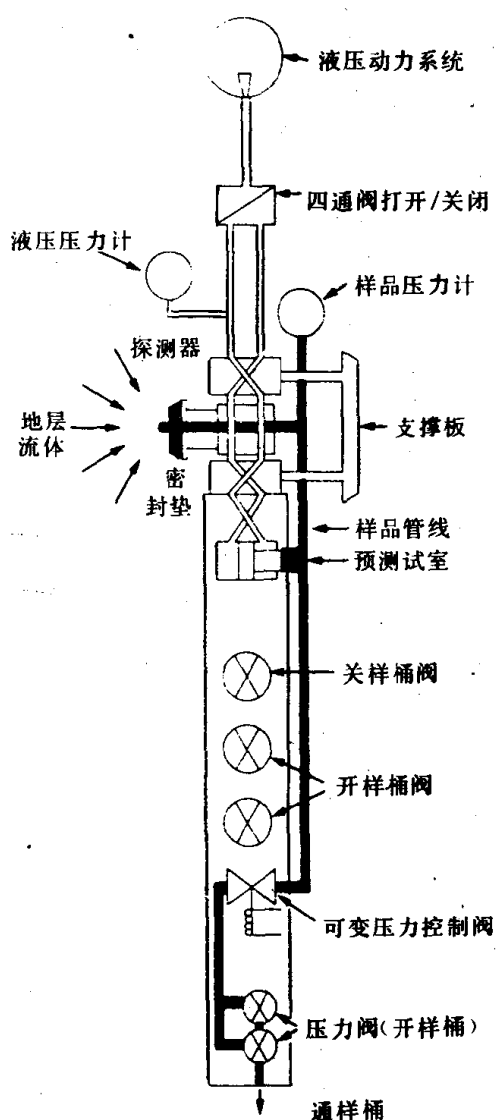


图 8 测井原理图

点照相记录系统。

井下仪器上接自然伽马短节、自然电位电缆，再与7芯测井电缆相连接。

为了完成仪器在井下的十分复杂的无数个周期的动作，井下仪器机械结构是很复杂的。

井下仪器由三大部分组成：电气短节、机械单元和取样单元。电气短节里面安装电子线路，目的是供电、控制、信号处理与传输。机械单元里主要有液压产生、控制、作用系统，包括电动机、泵、四通阀、一系列的液压元器件，有液压推靠、密封、探测器系统（包含预测试室）。还有流体取样的控制系统，目的是完成取样管路的打开、关闭，包括有一系列的液压元器件。机械单元里还有两个压力计，一个记录液压系统压力，一个记录取样管线内的样品压力。样品压力计常用应变式压力计，精度为0.15%，也可使用石英晶体压力计，精度可以达到0.025%。完全可以和试井使用的压力计相媲美。井下仪器的取样单元主要包括上、下取样桶和一个水垫桶，相互连接的接头内有一些控制器件。

地面还有转样、计量装置、主要是采油树、分离器、气表、液体计量桶。

（三）测取的资料及资料处理

由预测试压力恢复曲线及预测试时间、流量资料，用压力恢复理论可以外推出地层静止压力，也可以计算出（或用压力降方法）地层有效渗透率。每个测试点都可以这样处理，这样，就得到一口井的地层静压剖面 and 一口井的地层有效渗透率剖面，而一口井的泥浆静压剖面是直接测量的结果。

由两个取样测试得到的样品分析和计量，可以知道取样处地层液体的气油比、气水比、含水率；由样品的电阻率、API密度测量及相关数据，可以计算地层流体在储集条件下的粘度和天然气溶解度，可以计算出该地层采油指数和畅喷生产能力。由样品高压物性分析资料还可以得到一系列的高压物性参数。

以上各项测量结果和计算处理得出的参数资料统称为电缆地层测试资料，它们是一口井在完井前绝无仅有的油藏原始动态测试资料，无论对勘探井来说还是对开发调整井来说，都是十分宝贵的基础资料，合理利用这些资料，对油气田勘探和开发都有着十分重要的意义。

三、电缆地层测试在油气田勘探开发中的地位

电缆地层测试资料的应用仍在不断开发之中，下面从三个方面来介绍它的基本用途。

（一）测试资料在测井综合分析中的应用^{〔12, 13, 14〕}

①得到的地层有效渗透率定量解释资料是所有测井项目中有关渗透率的唯一直接测量结果，有很重要的价值。虽然探测范围较小，只能代表近井地带的测量结果，但在同一口井或同一地区，是很有对比价值的，至少可以判断高、中、低渗透层。

②由各测点压力梯度数据可以准确判断气、油、水层。

③由各测点压力梯度数据可以准确测定油、气、水两相界面位置。

④在测井数据库中引入了地层静压资料，有助于准确划分油层水动力系统，以及有助于根据地层连通性及压力梯度解决测井解释多解性的判定。

（二）测试资料在油气井测试中的地位^{〔15, 17〕}

①得出的地层静压剖面是一口井最原始的地层静压剖面，由于其准确、测点多得无与伦比，因此在地质上，油藏工程上意义重大。

②取样测试得出的地层生产状况的解释是全面的早期试油报告，如果需要，可以对更多

感兴趣的层段进行取样测试，快速又经济，所取资料的内容十分丰富。

③油气层有效渗透率剖面可以说是地层测试的普查资料，从而判断可优先进行钻杆地层测试层位，因为钻杆地层测试费用较高，只能有选择地进行。

④对不均质地层，可进行地层垂直渗透率及水平渗透率的测量。

⑤对调整井来说，地层静压剖面实际上是油藏在某一部位的累积出油剖面，地层静压大小可直观地反映储层动用程度，反映注水见效情况，反映注入水水线在纵向上及横向上的推进情况，可为合理开发油田提供决策依据。

（三）测试资料在钻井工程中的应用^{〔16〕}

使用电缆地层测试的泥浆静压剖面资料和地层静压剖面资料，不仅可以准确地判断出引发井涌、井喷事故的地层层位，选择恰当的泥浆密度及处理方法，而且为邻井的钻井选择恰当的钻井液性能提供了依据。

总之，电缆地层测试是地质家的眼睛，是油藏工程师的侦察兵，它功能独特，具有不可替代性，是油田勘探与开发最重要的测井仪器之一。

第一章 电缆地层测试器的设备

在当前的国内外测井技术中, 先进的测井系统均已实现高度数字化、系列化、标准化及程控化。作为斯仑贝谢公司 CSU 测井系统的 RFT (重复式地层测试器) 和阿特拉斯公司 CLS (数控测井仪) 测井系统的 FMT (多次地层测试), 它们均和其它测井一样, 共用本系统先进的地面仪器车、地面仪器和装备, 共用通用的先进的测井电缆装备, 以及信号传输、数据采集和处理系统, 来完成自己的测井任务。

这里只介绍电缆地层测试专用的设备。

第一节 地面设备

RFT (重复式地层测试器) 测井时使用三块专用面板⁽¹⁾ (图 1-1), 一块是控制面板, 负责对井下仪器工作状态的操纵以及井下测井信号的传输和处理。一块是地面电源面板, 负责对井下仪器供电。另一块是电压面板, 负责向井下仪器的液压电机供应高电压。

这三块面板都要和 CSU 系统配合使用, 测出的压力—时间资料也要在 CSU 系统的光电照相记录仪和数字磁带记录仪上记录下来。

为了对井下仪器和地面面板进行维修, 校验, 可以不用 CSU 系统或井下仪器, 只分别用两个测试盒就能完成。这两个测试盒分别是井下仪器机械单元测试盒和地面面板测试盒。

FMT (多层次地层测试器) 测井时, 使用两块专用面板⁽²⁾, 即 FMT 电源面板和 FMT 控制面板, 进行供电控制及信号处理的各种操作, 也必须和 3700CLS 系统公用设施配合使用, 才能最后完成供电, 信号输出, 记录等全部测井任务。

专用面板有关技术指标如下:

电源要求: 110~120VAC, 58~62Hz

工作温度: 0~55℃

储存温度: -55~65℃

耐振动与冲击指标: 10~50Hz

FMT (多次地层测试器) 在地面维修, 检查量, 需要使用机械心轴专用测试面板。检查时不必使用控制面板和井下仪器电子线路部分。

第二节 井下仪器

一、井下仪器构成

一般地讲, 电缆地层测试器测井时, 除去联结自然伽马短节外, 不与其它仪器组合, 自成系列完成测井任务。井下仪器的结构参见 RFT 井下仪器组合图 (图 1-2)。

电子线路单元短节, 机械单元, 压力计及 HP 压力计, 底锥短节每次下井都需要。取样桶一般带两个, 还有一个水垫桶, 但是根据测试的要求, 取样桶和水垫桶可以不用, 也可以只用一个, 取样桶的大小, 可以由 1gal 到 24gal 任意组合选配。