

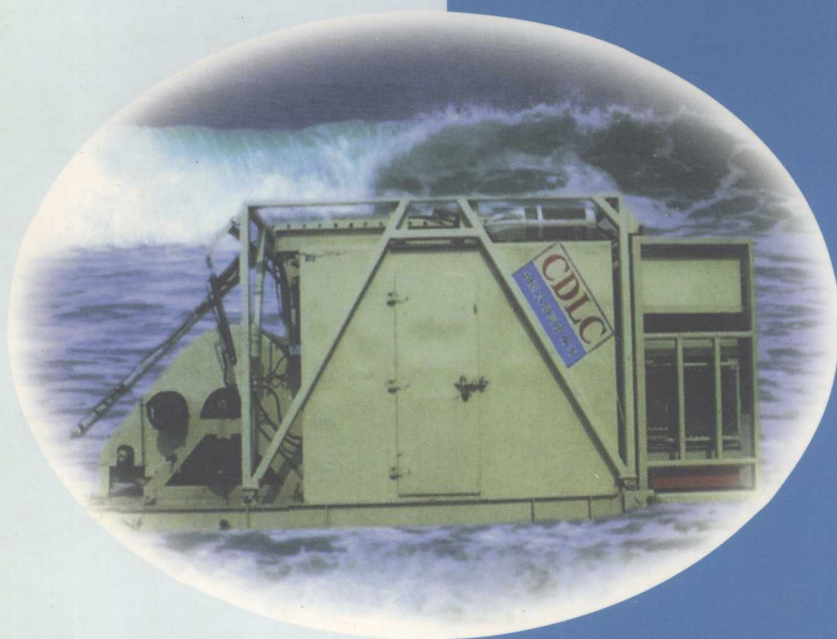


18

大港油田科技丛书编委会编

测井技术

(下)



石油工业出版社
PETROLEUM

INDUSTRY PRESS

大港油田科技丛书 18

测 井 技 术

(下)

大港油田科技丛书编委会编

石油工业出版社

内 容 提 要

本册书重点介绍了大港油田套管井测井技术 30 年来的发展历程,包括生产井测井技术、射孔技术的方法原理、现场应用和效果评价。可供开发系统管理人员及地质、试井、采油技术人员阅读,也可供测井现场人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

测井技术 (下) /大港油田科技丛书编委会编.
北京:石油工业出版社,1999.9
(大港油田科技丛书;18)
ISBN 7-5021-2777-1

I. 测…

II. 大…

III. ①采油井-测井-技术 ②采油井-射孔-技术

IV. TE15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 42954 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京林地贸易公司排版
石油工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 17 印张 430 千字 印 1—2300
1999 年 9 月北京第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-2777-1/TE·2177
定价: 26.00 元

大港油田精神文明丛书总编委

主 任：王 鹏 姚和清

副 主 任：张德寿（常务）

主任委员：孙希敬 陈玉瑾 高兰成 朱敬成 郭德宝 张大德
俞叔武 于庄敬 薛士荣 刘志谦 王鹤龄 于树方
蒋永佑 华勇魁 于秋云 王兴隆 段新坎 黄建庆
李润寿 张国欣

大港油田科技丛书编委

主 任：孙希敬

副 主 任：张大德 于庄敬（常务） 薛士荣

委 员：吴永平 曲经文 周嘉玺 李文瑞 马世煜 毛立言
宋伯韬 周学仁 李学文 刘鸿斌 牟祥汇 孙宝绪
李 淦 王巧月

序

大港油田三十多年来在勘探、开发和建设方面都取得了长足的进步，物质文明和精神文明建设结出丰硕成果，创造了许多成功经验，这些都是广大职工共同努力，发扬艰苦奋斗、顽强拼搏、无私奉献的创业精神的结果。为了使这些成果和经验系统化、理论化，形成财富，促进油田勘探开发建设进一步发展，经济效益大幅度提高，大港油田领导提出编写大港油田“科技丛书”。这个安排引起油田党委的重视，经过认真研究，决定扩大“丛书”编写范围，于1997年5月油田党、政联合下发文件，决定编撰“大港油田精神文明建设丛书”，成立了精神文明建设丛书编委会，下设七个系列，“科技丛书”是其中之一，并成立了编委会。

“科技丛书”怎样写，以哪些读者为对象，写成什么样的书，对这些问题我们花费了较长时间，听取了各方面的意见，进行广泛深入讨论，逐渐形成了明确的指导思想。大家认为这套“丛书”应有独特的品质，它不同于教科书，不同于科普读物，不同于论文集，不同于经验总结（成果汇编），也不同于工具手册。要突出“科技”和“大港”两个特色。“科技”特色是总结大港油田三十多年极其丰富的科学技术实践和创造发明，做到有理论基础、方法原理、实用程序和实践成果，在“科技”特色的基础上，突出“大港”特色，写出大港发明创造的技术，在国内外有影响的技术，使用过的技术，试验过的技术，并有成功和失败的实例分析，还要讨论一些技术的实用性和发展方向，全书不是简单的技术描述和实际案例分析，而是一次再提高再创造，使读者特别是中青年科学技术人员和各级管理干部，还有非本专业的技术人员，有原理可查，有方法可学，有实例可看，有经验可借鉴，起到承上启下的作用。

这套“丛书”为广大读者提供大港油田科技发展的历程。大港油田三十多年的发展建设，经历了风风雨雨，有成功的经验和失败的教训，学会借鉴前人的经验和教训，少走弯路，杜绝重复劳动，对我们事业的兴旺发达和科技人员成长都有一定的好处。“丛书”还展示了大港油田的科技全貌，反映了大港油田的技术状况，为广大青年技术干部、各级管理人员和非本专业技术干部了解油田技术状况修通了高速公路。还应说明，活跃在大港油田勘探开发早、中期各条战线的技术骨干，现在多数已经退休，在工作上完成了交接。有许多退休老专家参加“丛书”的编撰工作，把他们多年积累的宝贵经验留下来，也算老专家们在技术上对大港油田的干部职工有了个好交代。这套“丛书”正式出版适逢大港油田勘探开发建设三十五周年之际，谨以此书献给为大港油田建设做出卓越贡献的人们。

这套“科技丛书”，按照油田的习惯说法，包括十个专业共24册约800万字。即：

- 第一册 勘探历程与经验
- 第二册 第三系石油地质基础
- 第三册 油气藏与分布
- 第四册 新区、新层系、新领域
- 第五册 地质实验技术
- 第六册 地震勘探资料采集技术

- 第七册 地震勘探资料处理和解释技术
- 第八册 大港油田开发实践
- 第九册 枣园高凝高粘中低渗断块油田开发
- 第十册 提高采收率技术
- 第十一册 油气藏探边测试方法与应用
- 第十二册 钻井工程技术 (1)
- 第十三册 钻井工程技术 (2)
- 第十四册 钻井工程技术 (3)
- 第十五册 滩海工程技术
- 第十六册 录井技术
- 第十七册 测井技术 (1)
- 第十八册 测井技术 (2)
- 第十九册 电泵采油与分层注水
- 第二十册 防砂工艺技术
- 第二十一册 压裂与酸化工艺技术
- 第二十二册 试油与油井大修
- 第二十三册 油田地面工程设计与施工
- 第二十四册 石油炼制

为了编撰好“丛书”，确保达到设计要求，使各分册有个好质量，编委会认真研究精心设计各册编写提纲，这是写好“丛书”的基础。安排章节的作者力争由学科带头人执笔，分册负责人全文贯通，提出修改意见、把关，负责完成初稿，这是保证“丛书”质量的重要环节。然后由编委会组织 6 至 7 名专家进行审查定稿。尽管这方面我们做了不少工作，由于水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

孙希敬

1999 年 2 月 4 日

前 言

测井是油气田勘探和开发过程中重要的技术手段之一。大港油田地质构造十分复杂，油气藏类型多，含油层系多，储油层类型多，这就给大港油田的测井工作带来了更多的技术难题，提出了更高的技术要求。80年代中期全国测井界曾归纳出十大测井难题，大港油田就占了四个（咸水钻井液、低阻油层、深层、复杂岩性）。

30多年来，在油田领导和有关部门支持下，测井工作得到了很大发展。经历了60~70年代模拟记录阶段；80年代前初期数字测井阶段；80年代中期数控测井阶段和90年代末期开始进入的以引进5700成像测井系统为代表的成像测井阶段。

随着测井装备、工艺水平的不断提高，为油田地质工程服务的能力也大大加强。一大批适应于大港油田使用的测井专用设备、工艺技术、解释方法和应用软件相继投入生产使用。在油田勘探、开发过程中发挥了重要作用。回顾大港测井技术发展的历程，实际上是在测井方法不断发展的基础上测井工艺、装备不断更新、改造的过程。测井方法和测井仪器的发展是相辅相成的。一项新的测井方法的提出有赖于测井仪器予以实现，促使仪器更新换代。反之，仪器和测量技术的创新和进步会使原来无法实现的测井方法得到应用，或促使老的测井方法得到更新和发展。

本书收集了大量的技术总结、成果报告、科研论文，按裸眼井和套管井测井技术，分两册编写：上册介绍裸眼井测井技术，分为测井设备（仪器、工艺、试验设施）和测井资料解释两篇；下册介绍套管井测井技术，分为生产井测井技术和射孔技术两篇。按照科技丛书编委会的要求，在编写时遵循以下原则：

1) 基本上依照时间顺序按测井技术的发展阶段分专业、按类别介绍在大港油田应用过的各项测井技术，一般包括方法原理、工艺装备、应用效果及资料评价。

2) 由于测井方法多样、仪器品种繁杂，即使同一种方法（或仪器）不同时期型号也不尽相同，为避免重复只在最先出现时作一般原理介绍，在以后的发展阶段只作改进或新功能介绍。

3) 将大港油田自己研制或开发的新技术作为介绍重点，对引进的技术只重点介绍应用（或改进）情况而对其方法、原理只作简单介绍，以求突出大港特色。

4) 60~70年代的测井技术（即模拟记录阶段），目前虽已大部分被淘汰，但因其在测井技术发展的历程中占有重要的一席并起着承上启下的作用，故进行了综述，对其中在当前还有使用价值的技术（如油田现在还保留了大量的60年代的横向测井资料）作了较详细的介绍，以备需要使用时参考。

5) 在大港油田测井技术发展过程中也有不成功的方面，为了从中吸取教训，也力求更客观地反映发展历程，书中也编选了一些有代表性的实例。

全书共两册四篇二十二章，各章节作者为：第一章李根固，第二、四、五章谭甲顺，第三章汪宏波，第六章张承贤，第七章陈幼同，第八、九章袁福文，第十章邵维志，第十一章吕志强，第十二章刘翠云、冯新茶、吕志强，第十三章吕志强、王春阳，第十四章宋秋菊、吕志强，第十五章吕志强、郭俊明，第十六章刘印堂、吕志强，第十七章范庆岩、吕志强，

第十八至二十二章张承贤、霍付春。书中第一篇由李学文、段德培统编，第二篇由刘德武统编，第三篇由李学文、段德培统编，第四篇由李学文、侯士俊统编。全书由谭甲顺进行了标准化校对。上册经于庄敬、薛士荣、张金昆、李学文、段德培、刘德武、王巧月集体审核定稿，下册经孙希敬、张金昆、陈瑞华、李学文、段德培、侯士俊、刘德武集体审核定稿。在编写过程中得到了测井公司领导及有关人员的大力支持，在此一并表示感谢。

《测井技术》编写组

1999年5月

目 录

第三篇 生产测井技术

第十一章	注水剖面测井	(3)
第一节	概述	(3)
第二节	注水剖面测井仪器、设备与工艺	(5)
第三节	放射性示踪剂的选择与使用	(9)
第十二章	注水剖面测井资料解释与应用	(14)
第一节	同位素示踪注水剖面测井沾污的控制与校正方法	(14)
第二节	注水剖面测井资料解释	(25)
第三节	注水剖面测井资料的应用	(34)
第十三章	产出剖面测井	(37)
第一节	概述	(37)
第二节	油田研制的测井仪器与装置	(38)
第三节	抽油机井环空测井仪	(46)
第四节	测井施工工艺	(59)
第十四章	产出剖面测井资料解释与应用	(63)
第一节	多相流动解释方法	(63)
第二节	产出剖面测井资料的地质应用	(76)
第十五章	工程测井	(87)
第一节	工程测井在大港油田的应用	(87)
第二节	工程测井仪器	(87)
第三节	工程测井资料综合解释与应用	(107)
第十六章	数控测井仪器设备	(116)
第一节	数控测井系统	(116)
第二节	DDL-V 数控测井系统的应用及改进	(121)
第三节	俄罗斯生产测井仪器	(123)
第十七章	剩余油监测技术	(127)
第一节	概述	(127)
第二节	C/O 测井	(127)
第三节	玻璃钢套管监测技术	(144)
第四节	示踪井间监测技术	(146)

第四篇 射孔技术

第十八章	射孔器及其检测技术	(163)
第一节	聚能射孔原理	(163)
第二节	射孔弹的分类	(164)
第三节	射孔器的结构及其发展	(165)
第四节	起爆装置和传爆装置	(172)
第五节	射孔器材的检测技术	(181)
第十九章	射孔深度控制	(188)
第一节	射孔深度控制的原理和方法	(188)
第二节	射孔深度控制地面仪器	(192)
第三节	射孔定位下井仪器	(199)
第四节	装炮深度控制	(202)
第二十章	射孔现场施工工艺	(204)
第一节	套管射孔	(204)
第二节	过油管射孔	(207)
第三节	油管输送射孔	(211)
第四节	选发射孔	(220)
第五节	射孔与高能气体压裂	(221)
第六节	尾声弹及其监测技术	(224)
第二十一章	油气井爆炸作业	(230)
第一节	磁性测卡仪	(230)
第二节	爆炸松扣	(231)
第三节	爆炸切割	(232)
第二十二章	射孔优化设计	(236)
第一节	优化射孔的应用研究	(236)
第二节	优化射孔设计的现场应用	(242)
第三节	结论与展望	(261)

第三篇 生产测井技术

生产测井指油气井完井之后，整个生产过程中，用测井的方法对井下流体的流动状态、井身结构的技术状况和产层性质变化的情况所进行的测试。主要目的是了解和分析油气的动态特性，提高产量和采收率。

生产测井始于 40 年代初，从 60 年代开始逐步形成了较完整的测井体系，80 年代随着引用了计算机技术，生产测井步入了数字记录、数控测井的时代。

生产测井具有高效率、低成本、效果好的主要优点，在短时间内获取接近真实情况的大量资料，且很多信息是其它办法不可能得到的，是油田开发中不可缺少的技术手段。

依据测井对象和目的不同，生产测井大致可分为三大部分。

一、生产动态测井

为了评价生产效率，需要了觐和监测生产井的产出剖面及注入井的注入剖面。通过测量井下—流体的流动参数，求解各层的产量（或注入量）和产出比例。测井方法包括：流量测井、流体密度测井，持水率测井、温度测井、压力测井以及放射性同位素示踪测井等。

二、产层评价测井

为了评价投产的储集层，了解产层含油性、渗透性及油水介面变化，需要求剩余油饱和度（或残余油饱和度）、渗透率等地层参数。测井方法包括：C/O 测井、中子寿命测井以及刚刚投入生产试验的玻璃钢套管监测和放射性示踪井间监测等。

三、工程技术测井

为了评价固井、射孔、地层处理等工程作业效果，需要对套管、水泥环和地层进行测量，声幅和变密度测井可以检查固井质量；磁测井、井径测井、井下电视测井等可以分析管柱质量或评价射孔质量；放射性示踪测井，井温测井可以评价酸化、压裂效果。

大港油田主要测井方法及主要应用见下表：

测 井 方 法		主 要 应 用
生产动态测井	连续流量计 伞式流量计 放射性同位素示踪测井 流体密度计 持水率计 低能源含水率密度计 井温仪 井下压力计 自然伽马仪 磁定位器	测流速，连续测，用于中、高流量 测流速，半集流式，点测，用于中、低流量 测管内，外流量，及分层注水剖面 测流体密度，识别流体性质，求持水率 测持水率，分别适用于高、低含水情况 利用光电效应，测三相流动的持水（油、气）率 测流动井温、找卡水层，划分吸水层 测井底压力，用于参数换算，识别流体 测自然伽马、了解示踪剂分布，用于分层注水 测磁通异常，接箍位置，用于井下定位、校深
工程测井	声幅和变密度测井仪 微井径仪 X-Y 井径仪 40 臂井径仪 井下电视测井仪 噪声测井仪 磁测井仪 磁性定位仪	测声幅和全波列，评价水泥胶结情况 测套管内径，检查射孔质量 测套管相互垂直的二个内径，检查套管变形 测套管内径及椭圆度，检查套管腐蚀、断裂、弯曲 显示套管内壁图像，检查套管内壁，评价射孔质量 测井下不同频率噪声幅度，检查窜流式漏失 测套管壁厚和内径，检查套管腐蚀情况 测油管或套管接箍，用于井下定位、校深
剩余油监测	C/O 测井 电阻率测井 放射性同位素示踪井间监测	测地层的碳与氧含量之比，求取 S_{orw} ，适用 $\phi > 15\%$ 在玻璃钢套管中，测地层电阻率，求取 S_{orw} 在观测井检测示踪剂产出浓度，求取井间剩余油分布

第十一章 注水剖面测井

第一节 概 述

大港油田已开发的 14 个油田均采用分层注水来保持油层压力, 为了及时了解每口井分层注水量以及层内注水变化, 需要进行注水剖面测井 (或称吸水剖面测井), 为油田开发提供注水剖面动态资料。大港油田注水剖面测井始于 70 年, 80 年代以后, 注水剖面测井在大港油田得到了迅速发展, 有近半数的注水井每年测一次注水剖面共 400 口次左右, 测得的资料在油田开发中得到了广泛的应用。

从 1992 年开始在注水剖面测井中使用组合仪器, 即连续流量、井温、自然伽马、磁定位组合下井仪, 该组合仪器可以在同一口注水井中, 测取分层流量、井温以及同位素注水剖面和磁定位资料, 这种多参数资料解释, 克服了单一参数解释的片面性, 提高了计算分层吸水量的准确性和精度。

20 多年来, 示踪注水剖面测井工艺得到了不断的发展和完善。70 年代开始示踪测井时, 在井场将吸附了同位素的活性炭稀释并搅拌成悬浮液, 用水泥车的高压泵将其注入注水井中。后改用投放法, 其方法是关闭注水闸门, 将同位素倒入油管中, 再打开注水闸门, 将示踪剂注入井中。以上两种方法都要停注, 影响注水效果。到 80 年代发展成使用井口高压同位素注入罐, 利用注水泵的压力, 将同位素悬浮液注入井中。到 80 年代末又发展成为同位素井下释放器, 和井下仪器组合下井, 在井中任一深度可以释放。测井工艺由井口放溢流, 发展到使用防喷装置, 实现了不停注、不放喷、无溢流的同位素注水剖面密闭测井。使测得的示踪曲线能真实的反映正常注水情况下的注水剖面。

大港油田注水剖面测井解释经历了如下两个发展过程: 90 年以前基本上是单一的方法解释, 如井温法注水剖面或同位素注水剖面, 解释手段采用手工解释, 90 年代初大港油田测井公司开展了同位素沾污校正方法研究, 利用物理模型和数学模型求出了消除各种沾污类型的校正系数, 编制了消除沾污及注水剖面多参数计算机解释软件 (该技术已推广到全国各油田), 提高了工作效率, 减小了解释误差和提高了示踪曲线解释成果的精度。

一、放射性同位素注水剖面测井原理

1. 注水井内放射性同位素示踪原理

“示踪”离不开示踪剂。示踪剂包括化学示踪剂和放射性同位素示踪剂两大类。若将示踪剂注入流体中, 它可以跟随注入流体流经整个路径。通过不同方式的监测, 可以了解流体流经的路径、流过的时间、流动速度和流量等, 从而确定被研究对象的有关问题。例如测井公司目前使用的同位素注水剖面测井、同位素检查压裂效果测井、示踪流量测井、井间示踪监测以及同位素示踪井间监测剩余油等等。

放射性同位素示踪注水剖面测井, 是将放射性同位素以一定的方法或方式吸附或结合于固相载体的物质中, 从而制成一种放射性同位素示踪剂。在注水井正常注水条件下应用时, 先按要求将所选的放射性同位素示踪剂用水配制成悬浮液, 然后以一定的方式注入井中。在

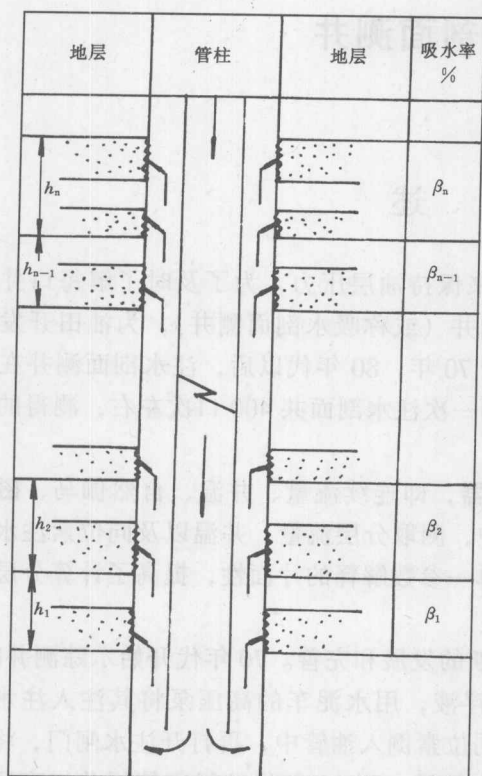


图 11-1 正注笼统注水时放射性同位素示踪剂地层表面形成示踪示意图

向地层注入载有同位素悬浮液的过程中，由于地层的过滤作用，水和放射性同位素示踪载体分离开来，水被挤入地层，而放射性同位素示踪剂则滤积于该地层的井眼表面上（以下简称地层表面），在井壁上形成一段一段的人工活化层（见图 11-1）。这些活化层的吸水量与所滤积的放射性同位素示踪剂的强度成正比。在忽略层厚影响的条件下，地层上滤积的放射性强度又与测得该层示踪曲线所包络的“异常”面积成正比。

为了使吸水层的吸水量与同位素示踪剂的滤积量成正比关系，要求同位素示踪剂不溶于水，而且吸附在载体上的放射性同位素也不能脱附和解吸。目前大港使用的 GTP 微球效果较好。

2. 替挤水量的计算

从油管正注笼统注水时，同位素悬浮液进入油管后，由后续注入水推向油套环形空间，将全部悬浮液挤入地层所需替挤水量 Q 用下式计算：

$$Q = Q_A + Q_o + S_o \cdot \left(\frac{h_1'}{1 - \beta_1'} + \frac{h_2'}{1 - \beta_1 - \beta_2} + \dots + \frac{h_{n-1}'}{\beta_n'} \right) \quad (11-1)$$

式中 Q ——悬浮液后续替水量， m^3 ；

Q_A ——油管内同位素示踪剂从释放深度至油管下入尾部的内部体积， m^3 ；

Q_o ——油管尾部至由井底向上数第一个吸水层底界油套环形空间的体积， m^3 ；

h_{n-1}' ——由井底向上数 $n-1$ 层底界至 n 层顶面的距离， m ；

β_n' ——第 n 层注水百分比；

S_o ——油套环形空间截面积， m^2 。

3. 地层注水量与滤积于地层表面的示踪剂放射性活度的关系

同位素注入井中形成的悬浮液是均匀的，其单位体积内的放射性活度为 ΔI ；注水地层表面滤积的放射性活度增量为 ΔJ 。则进入地层的水量可由下式表示：

$$Q = \Delta J / \Delta I \quad (11-2)$$

即进入注入地层的水量与滤积的放射性示踪剂的活度成正比。

1962 年大庆油田曾做了地层注水量与滤积放射性同位素示踪剂活度关系的试验，试验结果证明公式 (11-2) 是正确的。大港油田也一直沿用这个基本公式进行同位素注水剖面资料的处理和解释。

二、井温和流量测井在注入剖面中的作用

1. 井温曲线异常变化与分层吸水量的关系

在注水井中，由于吸水层位的温度长期受注水温度场的影响，吸水层与未吸水层，主要吸水层和次要吸水层在温度曲线上有明显的差异。根据注水井井温曲线和停注后多条井温恢复曲线对比，从宏观上能准确的划分出主要吸水层和次要吸水层，这是井温曲线半定量解释分层吸水量的最大优点。

2. 流量曲线与分层注水量的关系

在合注井中，要求油管只能下到目的层以上 20m，方能用流量计测出每个层的分层吸水量，即：

$$Q_1 = Q - Q_A \quad (11-3)$$

$$Q_2 = Q_A - Q_B \quad (11-4)$$

式中 Q ——总流量段流量， m^3/d ；

Q_A ——第一个目的层与第二个目的层之间流量， m^3/d ；

Q_B ——第二个目的层与第三个目的层之间流量， m^3/d ；

Q_1 ——第一层注水量， m^3/d ；

Q_2 ——第二层注水量， m^3/d 。

在分注井中，只能测出每个偏心配水器的配注量，而不能测量出油套环形空间二次分配在每个注水层的注水量，造成流量计在分注井中测井的局限性。

第二节 注水剖面测井仪器、设备与工艺

一、下井仪器

在注水井内进行注水剖面测井，仪器需要通过油管 and 井下工具（如偏心配水器和封隔器等），70 年代测井公司只有裸眼井和套管井使用的 $\phi 38\text{mm}$ 放磁组合仪，为了测中深井的耐温要求（耐温大于 120°C ）。公司先后研制出 $\phi 40\text{mm}$ 、 $\phi 50\text{mm}$ ，耐温 150°C ，耐压 60MPa 的放磁组合仪，以及井下释放器，高密度加重等配套仪器设备。

80 年以前，测井使用的电缆大多为 6 芯电缆，由于注水剖面带压测井，为了解决带压状态下的电缆下井问题，必须使用 5.6mm 单芯电缆。这就要求放磁组合仪实现单芯传输伽马信号和磁定位信号。仪器采用了正负脉冲的传输方式，在地面将两种信号分开。另外，对下井仪器的防震性能进行了改进，使单芯放磁仪器投产后，测井成功率有了较大的提高。

1. Fc-40 放磁组合仪

(1) 仪器的特点

1) 考虑到带压条件下进行测量，设计适用 $\phi 5.6\text{mm}$ 单芯电缆的连接方式。

2) 设计的单芯放磁组合下井仪，一次下井同时录取伽马和磁定位两个参数，既提高测井效率，又降低测井成本。在动态测井中，同时取得组合资料对于校准深度，提高解释质量均有重要作用。

3) 在电路设计上，专门增设一级脉冲幅度甄别器，克服了以往仪器调节门槛时，影响放大器，整形器的工作状态。选用 BG307 高速电压比较器组件完成脉冲幅度甄别和整形。电路简单可靠，便于调节。

4) 采用了卡能阈的新的仪器调校方法。对于井下仪器的温度性能一致性有明显的改善。用 ^{226}Ra 伽马源对仪器进行标准化后,实际测井的一致性偏差小于10%。

在当时没有小直径金属保温瓶的情况下,仪器的温度性能达 140°C ,这在当时属国内先进水平。

5) 在结构上采用了探头和电路一体化,装入一支密封外壳内。结构更为合理,便于运输、使用和维修。探头设有固定的连接避光罩,维修检查时,不必另加避光措施,而且晶体和光电倍增管连接可靠,接触良好。

(2) 主要技术指标

1) 仪器全长1.5m,直径40mm,重量13kg;

2) 井下温度性能, 140°C 正常工作,其计数率变化小于 $\pm 5\%$;

3) 耐压60MPa;

4) 直流供电130mA,48V;

5) 井下仪器输出信号,放射性道为10V,宽度 $40\mu\text{s}$ 的正方波。磁定位道为8V,负方波信号;

6) 测速300~600m/h。

2. 耐高温放磁组合仪

1985年开展在深井中进行吸水剖面测井,需要耐温超过 150°C 的单芯放磁小直径组合仪。由于当时还没有小直径金属保温瓶,只能精心筛选元器件,细心调校仪器,当年制造出了耐温 150°C 放磁组合仪,并投产应用。

进入90年代,国内能生产多种规格的金属保温瓶。目前测井公司可以生产 $\phi 38$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 46$ 、 $\phi 50\text{mm}$ 不同规格的下井仪器,耐温达 170°C ,耐压70MPa,生产的仪器还销往国内部分油田。

3. 井下释放器

随着注水剖面测井工艺的发展,要求测井时不停注,井口无溢流。从井口投放和注入示踪剂的工艺已不能适应生产的需要,如果能实现在井下任一深度释放同位素,既能提高同位素注水剖面测井资料质量,又可以减少对环境的污染。为此,测井公司又研制出了不同类型的井下释放器。

示踪剂释放器尽管类型各异,但其工作原理基本相同,即在某种动力作用下(如压力、电磁力、爆炸力等)将示踪剂装载仓门打开,或是驱动活塞将示踪剂推出贮藏筒,最终达到在现场操作人员的控制下,实现井下定点释放示踪剂。

大港油田曾经使用过压力切割式释放器,爆炸式释放器和电动式释放器。

释放器投产后,又将释放器和自然伽马、磁定位仪进行组合,实现了一次下井完成多条曲线的测量任务。

4. 流量、井温、自然伽马、磁定位多参数组合测井仪

由于同位素 ^{131}Ba 微球的粒密度问题一直未得到有效控制,造成了 ^{131}Ba 微球在井筒中的沉淀;井筒结蜡、结垢等原因造成了同位素在油管、套管内外壁以及井下工具上的沾污;地层长期注水或酸化压裂,会在某些注水层形成“大孔道”高渗透带,这些都使得同位素注水剖面资料不能真实反映地层的吸水状况,为了克服以上问题在注水剖面疑难井采用流量、井温、自然伽马磁定位四参数组合仪进行注水剖面测量,可以从多方面综合分析注水井吸水层位的实际吸水状况。四参数组合测井仪的应用,可以消除假异常,克服单一参数解释的片面

性,使解释结果更接近于实际的注水情况。因此,四参数组合注水剖面测井仪器,是目前注水剖面最佳测井组合方法。

四参数组合仪器示意图见图 11-2。

二、防喷装置

注水井和生产井井口均有压力,压力变化范围从 0.5~30MPa。一般情况下注水井压力高,生产井压力低,带压测井要求电缆既能顺利下井,井口又不能有溢流。井口压力越高,电缆下放越困难,井口越易发生溢流。

1975 年之前没有防喷系统,采用停注和放压的办法,但这种方法既不经济,又影响注水,后改为只停注不放喷,用简易防喷盒防喷,但这种办法只能用于低压井的测试。80 年以后,从国外购进了高压防喷装置,才解决了高压防喷的测井问题。

1. 高压防喷装置

当井口注水压力大于 15MPa 时,必须使用高压防喷装置。高压防喷装置主要由电缆动、静密封控制头、防喷管和电缆封井器三部分组成。它的结构示意图见图 11-3。辅助部分有密封脂注入泵、手压泵、溢流管线和各种液压管线。

电缆密封控制头主要由活塞、缸体、压盖、密封胶块、密封头、流管、流管套、接头、单向阀、下接头和弯头等组成。

由图 11-3 可见,装置有两组密封。上密封为静密封,其工作原理是,液压油由手压泵压入液压缸,推动活塞,挤压密封胶块,使其抱紧电缆,其密封程度决定于手压泵压力的大小。下密封为动密封,是阻流式密封。当电缆外径和阻流管内径差值很小时,阻流管和电缆之间的缝隙对井内流体外泄将产生很大的阻力,从而造成井口压力的降低,流管根数多,压力降低也多,当然电缆下井也更困难。一般使用三根流管。流管内径和电缆外径之间的间隙大小,决定了流管阻力的大小。一般要求间隙为 0.1~0.15mm,当间隙大于 0.2mm 时应更换流管。

为了防止井内流体从间隙中流出,利用注脂泵将密封脂通过从单向阀注入间隙中,由于密封脂的粘度比水大得多,从而达到动密封的目的。

由于单芯电缆在高压密封装置中长期使用,使得电缆外皮磨损,造成电缆粗细不一,这为防喷带来了困难,会经常有少量溢流流出。所以在高压井或者环保要求严格的地区施工,一定要使用新电缆和多流管,以及较好的密封脂。

2. 高密度材料加重

带压测井遇到的第二个问题,是在井口无溢流的情况下,电缆能顺利的下井。当仪器串和电缆在防喷管内处于平衡状态时,则有:

$$W_{杆} + W_{仪} = F_{摩} + F_{浮} + F_{上} \quad (11-5)$$

若将仪器串从防喷管内顺利的下放井中,则:

$$W_{杆} > (F_{摩} + F_{浮} + F_{上} - W_{仪})$$

式中 $W_{杆}$ ——加重杆的重量;

$W_{仪}$ ——仪器串的重量;

$F_{摩}$ ——电缆与阻流管之间的摩擦力;

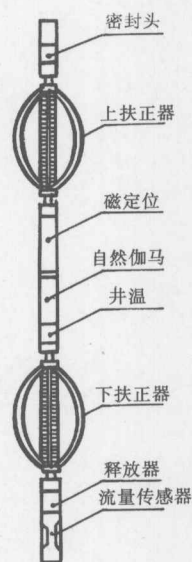


图 11-2 四参数仪器示意图