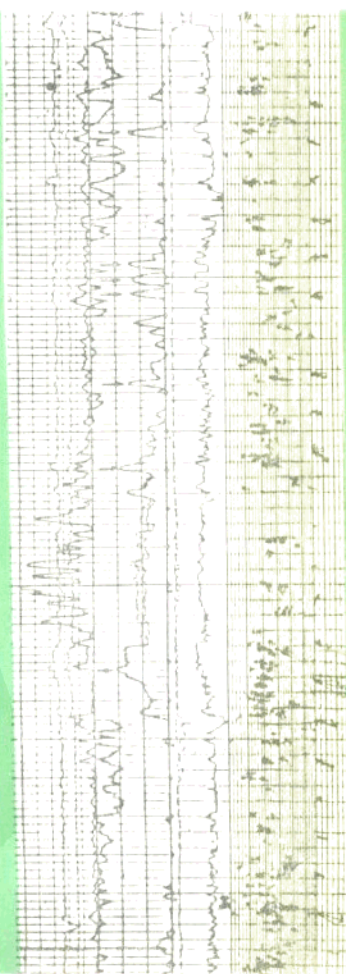


测井培训丛书

重复式电缆地层测试器

石油工业出版社

录
船





200353269

32887

测井培训丛书

重复式电缆地层测试器

王寿奎 邓克全 马建国 谢明廉 编译

马建国 王寿奎 审校



00284974



5977/2

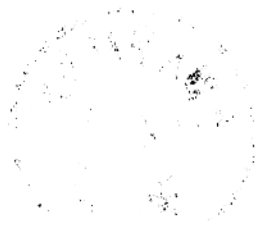
石油工业出版社

内 容 提 要

本书为《测井培训丛书》之一。系统介绍重复式电缆地层测试仪的原理、地面设备与井下仪器的功能以及线路说明,介绍了地层测试仪的测井方法、解释技术与质量控制,并介绍了仪器的标定与复杂地层情况下测试与故障诊断和维修。

本书内容丰富,实用性较强,可供石油测井技术人员、地质、采油技术人员阅读,也可供石油大专院校有关专业师生参考。

本书第一章、第二章由王寿奎编译,马建国审校;第三章邓克全编译,马建国审校,第四章、第五章马建国编译,王寿奎审校;第六、七、八章谢明廉编译,马建国审校。



测井培训丛书

重复式电缆地层测试仪

王寿奎 邓克全 马建国 谢明廉 编译

马建国 王寿奎 审校

石油工业出版社出版发行

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

北京顺义燕华印刷厂排版印刷

787×1092毫米 16开本 7印张 1插页 166千字 印1—2,500

1987年6月北京第1版 1987年6月北京第1次印刷

书号: 15037·2796 定价: 1.40元

内 部 发 行

出版者的话

为了做到在引进国外测井仪器的同时,要注意消化、吸收和掌握国外先进的测井技术,提高我国石油测井技术人员的技术水平,我们出版了《测井培训丛书》。该丛书主要根据斯伦贝谢公司CSU数控测井系列编译的,包括有:

- 数控测井
- 声波测井
- 感应测井
- 双侧向测井
- 微球形聚焦测井
- 电磁波传播测井
- 高分辨率地层倾角测井
- 补偿中子测井
- 自然伽马与自然伽马能谱测井
- 岩性密度测井
- 电缆通信系统
- 核测井仪器模块
- 重复式电缆地层测试器
- 打捞技术

《测井培训丛书》每一分册的内容一般分为两部分,第一部分是操作、维修和现场解释人员必须具备的知识,介绍了测井方法原理,测量技术,仪器的基本框图、结构和技术特性,操作与维修须知,刻度与环境校正,质量控制与资料解释。第二部分是更需要更深入的知识,主要介绍了测井方法的理论基础,详细框图以及需要详细说明的关键技术问题。因此该丛书可做为数控测井操作与维修技术人员、资料解释与技术管理人员的培训教材,也可做为测井技术人员及大专院校测井专业师生的参考书。

在《测井培训丛书》的编译出版过程中,石油部地质勘探司做了大量的组织工作;石油部科学技术情报研究所、华东石油学院承担了编译工作;大庆石油管理局测井公司、中原石油勘探局测井公司给予了大力支持和帮助;四川石油管理局井下作业处、华北石油管理局测井公司、大港石油管理局测井公司、江汉石油管理局测井公司、江汉石油管理局测井研究所、江汉石油学院物探系、辽河石油勘探局测井公司、西安石油勘探仪器总厂也给予了积极的支持和帮助,在此一并表示感谢。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 RFT (重复式电缆地层测试器) 简介	(1)
第三节 测井说明	(3)
3.1 常规设备	(4)
3.2 CSU 设备	(4)
3.3 HP压力计	(4)
第四节 设备	(4)
4.1 地面设备	(4)
4.2 井下仪器	(4)
4.3 辅助设备	(8)
4.4 测试设备	(8)
4.5 HP压力计	(10)
第五节 仪器使用极限	(11)
5.1 额定值	(11)
5.2 井眼尺寸限制	(11)
第六节 安全	(12)
6.1 电	(12)
6.2 样品排放及转移	(12)
6.3 带有硫化氢样品的取样	(12)
第二章 测量的基本理论	(13)
第一节 仪器工作原理	(13)
1.1 “推靠”	(13)
1.2 “回缩”	(13)
1.3 “取样准备”与“下取样筒”	(14)
1.4 按“密封”、“取样”与“上取样筒”	(14)
第二节 操作原理	(14)
2.1 RFM概述	(14)
2.2 电气部分概述	(15)
第三节 典型操作	(17)
第四节 压力测量	(21)
4.1 应变压力计	(21)
4.2 HP压力计	(28)
第三章 下井仪器功能说明	(32)

第一节 RFM 的详细说明	(32)
1.1 电磁阀	(33)
1.2 顺序阀	(34)
1.3 压力开关	(35)
1.4 补偿活塞	(36)
1.5 单向阀	(36)
1.6 安全阀	(36)
1.7 倒泄系统	(37)
1.8 密封阀及平衡阀	(38)
1.9 预测试室工作情况	(39)
1.10 泵	(40)
第二节 取样筒	(41)
2.1 水垫原理	(41)
2.2 上取样筒	(41)
2.3 下取样筒	(41)
第三节 HP压力计接头	(44)
第四节 电子线路部分说明	(45)
4.1 直流电源	(45)
4.2 端电压零指示器	(46)
4.3 步进继电器	(46)
4.4 应变压力计压力系统	(46)
4.5 低油量振荡器	(46)
4.6 液压振荡器	(47)
4.7 温度振荡器	(47)
4.8 HP压力计电源	(49)
4.9 电机电源电路	(49)
4.10 电机转速电路	(49)
4.11 电磁阀1.3的逻辑电路	(49)
第五节 面板说明	(49)
5.1 挡位电路	(49)
5.2 控制逻辑	(51)
5.3 电源保护电路	(55)
5.4 电机转速脉冲	(55)
5.5 应变压力计读出电路	(55)
5.6 低油量电路	(56)
5.7 HP电路	(56)
5.8 计时器	(56)
5.9 数据输出	(56)
第六节 测试盒说明	(56)
6.1 RFB-AA	(56)

6.2	RFB-BA	(58)
6.3	RFB-CA	(62)
第四章	标定	(63)
第一节	应变压力计油田主标定	(63)
1.1	仪表	(63)
1.2	安装	(63)
1.3	车间主标定程序	(64)
1.4	井场标定程序	(66)
第二节	静重压力标定台	(68)
2.1	静重压力标定台概述	(68)
2.2	应变压力计压力计算	(68)
2.3	有效面积A	(69)
2.4	本地区重力加速度	(69)
2.5	高度	(70)
2.6	结论	(70)
第三节	HP压力计的标定	(71)
第五章	操作提示	(72)
第一节	面板操作	(72)
第二节	仪器串	(72)
第三节	压力测量	(73)
第四节	封隔器与探测器选择	(73)
4.1	强化封隔器 (H223426)	(73)
4.2	大面积封隔器	(73)
4.3	长吸管探测器 (RFK-C H223362)	(74)
4.4	大直径探测器 (LDP)	(74)
4.5	快动作探测器	(75)
第五节	非标准地层的测试	(76)
5.1	致密地层	(76)
5.2	极高渗透率地层 (1000毫达西)	(76)
5.3	疏松地层	(77)
第六节	粘附	(77)
6.1	电缆埋入泥饼	(79)
6.2	在狗腿井里形成键槽	(79)
第七节	故障诊断	(80)
第六章	预防性维修	(83)
第一节	FIT	(83)
1.1	FIT	(84)
1.2	FIT 2	(85)
1.3	FIT 3	(85)
第二节	FRM	(86)

2.1	TRIM1	(86)
2.2	TRIM2	(86)
2.3	TRIM3	(86)
第三节	质量检查	(86)
3.1	单元质量检查	(86)
3.2	电子线路质量检查	(87)
3.3	应变压力表压力线路再调节	(88)
第七章	测井图质量控制	(90)
第八章	解释	(92)
第一节	预测试压力测量	(92)
1.1	静液柱压力分析	(92)
1.2	关井压力分析	(92)
第二节	渗透性解释	(98)
2.1	原理	(98)
2.2	通过压降分析求渗透率	(98)
2.3	通过压力恢复分析求渗透率	(100)
第三节	取样	(104)

第一章 概 述

第一节 引 言

起初, 试制出重复式电缆地层测试器(RFT)取代地层间隔测试器(FIT), 目的在于使仪器各次下井之间的调整时间最短, 也在于提供一次下井能够取得两个不同样品的可能性。

仪器开发过程中, 发现除原有主测试室外再加一个预测试室最为理想, 其目的是在主测试筒作正式测试之前预先确定地层的密封和渗透状态。在测试之后这个预测试室自动复位, 使操作者无需打开主测试筒就可预见密封失败及干测试, 于是可在井内上下移动仪器直到发现良好密封处和良好渗透地带。此时, 由于预测试室所汲取的体积(20毫升)足以产生压力恢复, 并给出最佳的关井压力值。因此, 原来主要用FIT进行流体取样, 而现在可扩展为:

- (1) 压力测量
- (2) 渗透带识别, 渗透率测量
- (3) 储集层流体取样

仪器一次下井可进行无限次的高精度压力测量, 并可取出两个流体样品。如此功能使得RFT 仪器已经成为 储集层描述和岩性监测的最有用的诊断仪器之一。

储集层压力逐点评价的新技术可用以确定压力剖面、流体密度、油气水界面、差异衰竭及储集层流动通道。在有利条件下, 压力降和压力恢复特性曲线能够作出有效渗透率的测量。

第二节 RFT (重复式电缆地层测试器) 简介

RFT 的工作过程示于图1。一个由地面控制的液压泵向各个液压系统提供压力源。仪器中1加仑和2.75加仑取样筒可以对两种不同地层取样或对

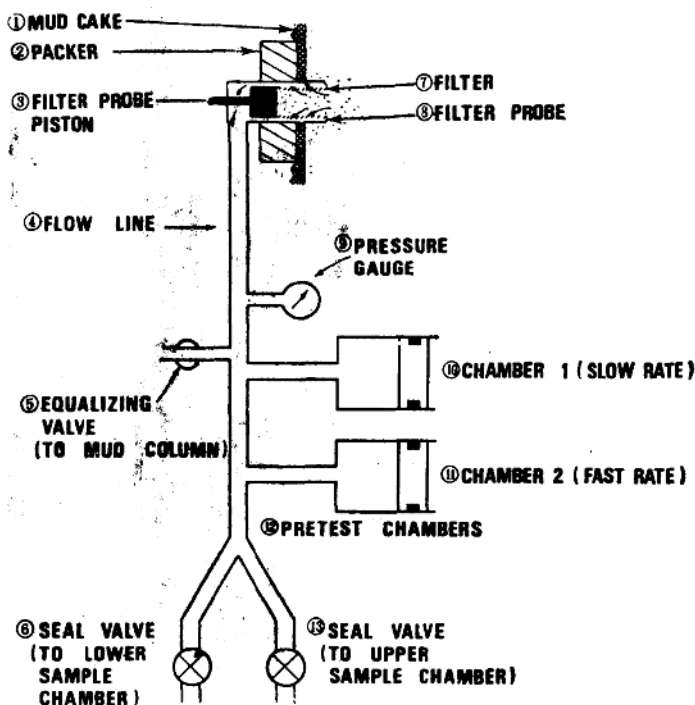


图1 RFT 预测试和取样原理

①泥饼; ②封隔器; ③过滤探器活塞; ④样品管线; ⑤平衡阀(连通泥浆柱); ⑥密封阀(去下取样筒); ⑦过滤器; ⑧过滤探器; ⑨压力表; ⑩预测试室1(低流量); ⑪预测试室2(高流量); ⑫预测试室; ⑬密封阀(去上取样筒)

同一地层进行割离取样。应变压力传感器安装于管线内，以监视测试期间的压力。为取得更好的分辨率，以模拟和数字两种形式将压力连续记录于地面仪器上。在仪器推靠以后，每个10立方厘米的预测试室都自动开启，以两种不同速率汲取20厘米³液体。这些预测试样品不能储存。在此期间地面仪器记录的的压力降及相应的压力恢复曲线为地层压力和渗透率计算提供数据。

当仪器推靠时，封隔器移向一边，而支撑活塞移向另一边。这样，仪器壳体远离井壁以减少仪器井卡的机会。图2是在开启和闭合位置RFT探测器总成图。样品管线探测器内的过滤器防止砂粒进入仪器，当仪器回缩时活塞清理该过滤器。因此，样品管线的堵塞现象显著下降。因为RFT仪器在工作中并不依赖泥浆压力，所以即使在很浅的深度上仪器仍可有足够的力量使封隔器达到良好密封。

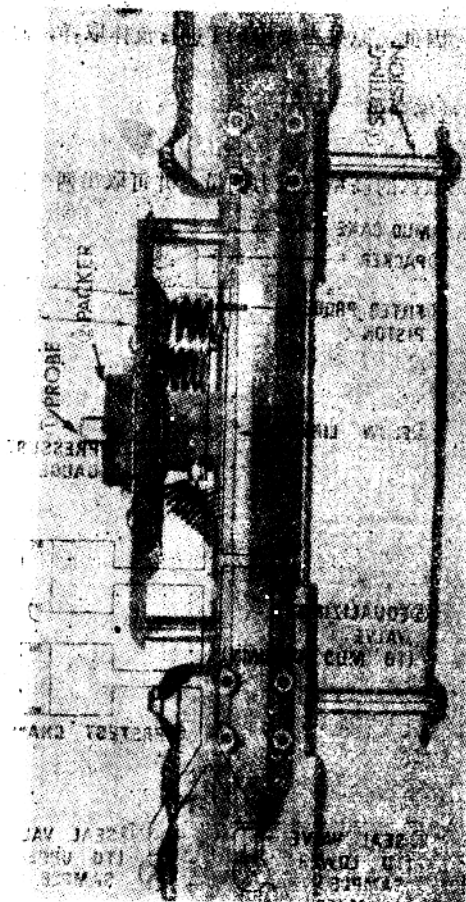


图2 RFT开启位置探测器总成图

①探测器；②封隔器；③推靠活塞

第三节 测井说明

图3示出一典型的预测试压力记录。最初，为泥浆柱压力。仪器推靠时，因为封隔器对

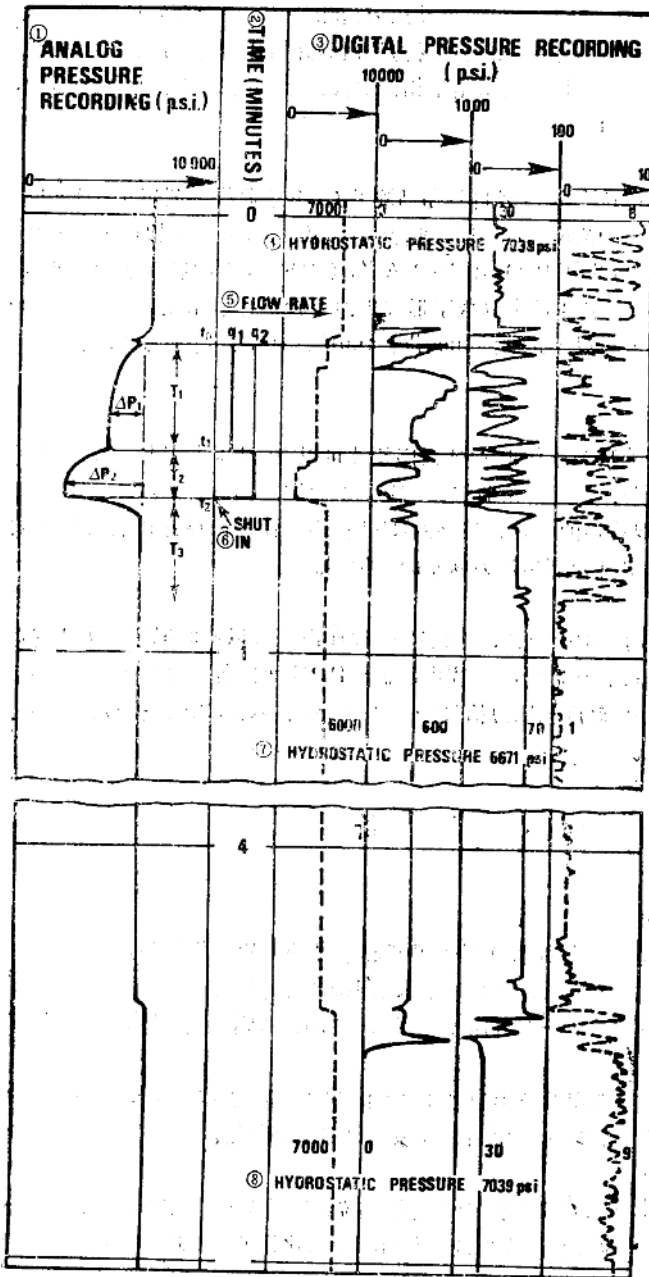


图3 预测试中典型的压力记录

- ①模拟压力记录(磅/英寸²)；
- ②时间(分)；③数字压力记录(磅/英寸²)；④静液柱压力7039磅/英寸²；⑤流量；⑥关井；
- ⑦地层关井压力6671磅/英寸²；(译注：原文误为静液柱压力)；
- ⑧静液柱压力7039磅/英寸²。

泥饼进行挤压,压力缓慢上升。其后,探测器活塞收缩,压力下降。当活塞停止时,因封隔器仍继续对泥饼挤压,压力再次上升。因第一个10厘米³预测试活塞以恒定速度移动,最后压力下降至一定流动压力。这就是此时发生的情况。

大约15秒钟之后,第一预测试活塞到达其行程终点。在时间 t_1 ,第二活塞开始以比第一活塞快大约1.5倍的速度移动且压力下降至第二流动压力。在时间 t_2 ,两个预测试室全部充满,压力上升至最终关井压力。时间 t (用作压力恢复分析)是由 t_2 开始计量的。分析压力恢复曲线可以导出与常规钻杆地层测试和生产压力测试结果相同的渗透率和储集层压力。最后,仪器回缩之后,再测量一次泥浆柱压力。

3.1 常规设备

作为相关对比可记录自然电位(SP)或自然伽马测井(GR)曲线。测试中,照相记录仪由时间驱动器SFT-113以近似10英尺/分的速度进行驱动。第一道,显示模拟压力。若代用,GR检流计将显示其马达每分钟转数(RPM)。在RFP-AC'S(RFT地面控制面板中部件)5号检流计上存在时间记号。在第2、第3道上以数字形式用四个检流计显示压力值。每个检流计在半个记录道中变化,分别表示以十进制的1000位、100位、10位、个位磅/英寸²压力数值。

3.2 CSU设备

通过CSU的面板接口模块(PIM)使用RFT程序软件可以记录压力测井。在R₉(模拟记录部分)显示的曲线顶端,CSU提供了三条曲线:USAM(上取样筒)、LSAM(下取样筒)、SEAL(密封状况)以指示其取样筒的动作。最新的RFT程序可使每12秒钟在深度道内打印出压力值。回放程序可进行计算并绘制出压力恢复的霍纳图。

3.3 HP压力计

RFT探测器、电子单元带有HP压力计,连同RFT地面面板可以同时记录压力曲线,探测器和电子单元均作过相应修改。在非CSU系统中还需要HP地面设备记录压力。在CSU系统中,可用CSU相应部分计算压力。温度和压力信号通过PIM-BA输入,HP压力模拟曲线显示于第一道并在深度道中打印出来。

第四节 设 备

4.1 地面设备(图4)

地面仪器使用三个地面面板:

(1) RFP-AD(RFT地面测量面板)提供仪器和信号处理的逻辑控制;

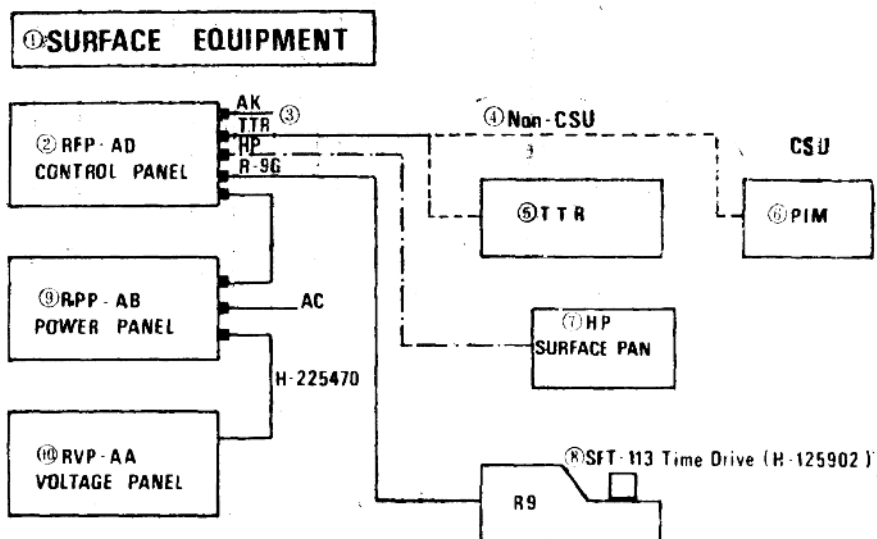
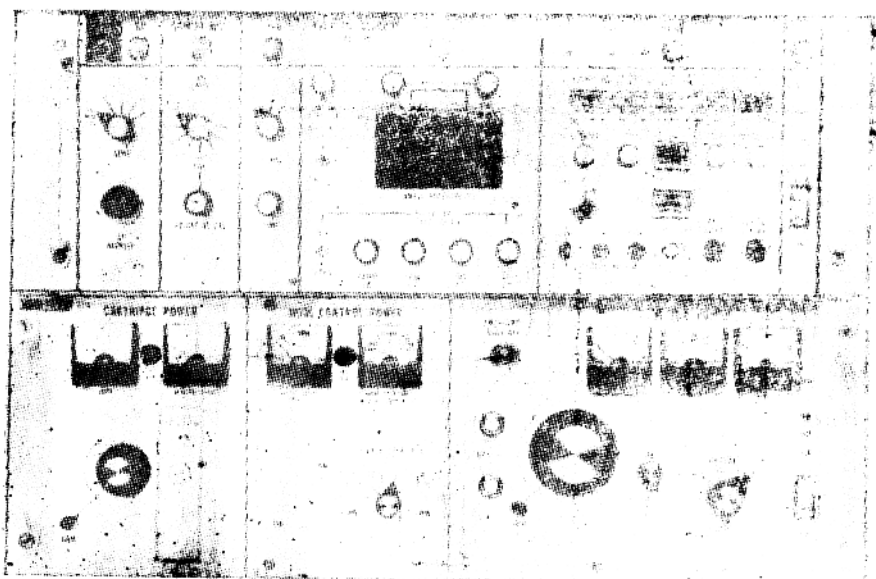
(2) RPP-AB(RFT地面电源面板)对井下仪器电源进行控制;

(3) RVP(RFT电压面板)是一个升压变压器可升高至800V,通过电缆送入井下以控制探测器马达。

压力对时间的关系曲线,在常规系统中记录于R₉和TTR上;在CSU系统中则通过PIM记录在ORS(光电记录系统)上。以上三块面板都须与CSU配合使用。

4.2 井下仪器(图5)

RFT可与SGT-E(自然伽马测井仪)和SP(自然电位,马笼头V号电极)进行组合测井,测量GR(自然伽马)或SP的目的,是为进行井的相关对比用的。RFT可与1~24加仑的取样筒连接。RFT组合中还可接进Amerada压力短节或HP压力短节,以提供辅助的压力资



⑪(Weights : RFP 17 kg , RPP : 25 kg , RVP : 29 kg)
 38 lbs 55 lbs 64 lbs

图4 RFT地面设备图

①地面仪器；②RFP-AD控制面板；③TTR磁带机，HP压力计，R9模拟信号照相记录仪，AK插头；④非CSU；⑤TTR磁带机；⑥PIM RFT面板接口模块（CSU系统上用的）；⑦HP地面面板；⑧SFT-113时间驱动器；R9模拟信号照相记录仪；⑨RPP-AB电源面板；⑩RVP-AA电压面板；⑪重量（RFP：17公斤，RPP：25公斤，RVP：29公斤）

料。图5为井下仪器图,图6为RFT仪器示意图。表1-1为井下仪器设备表。

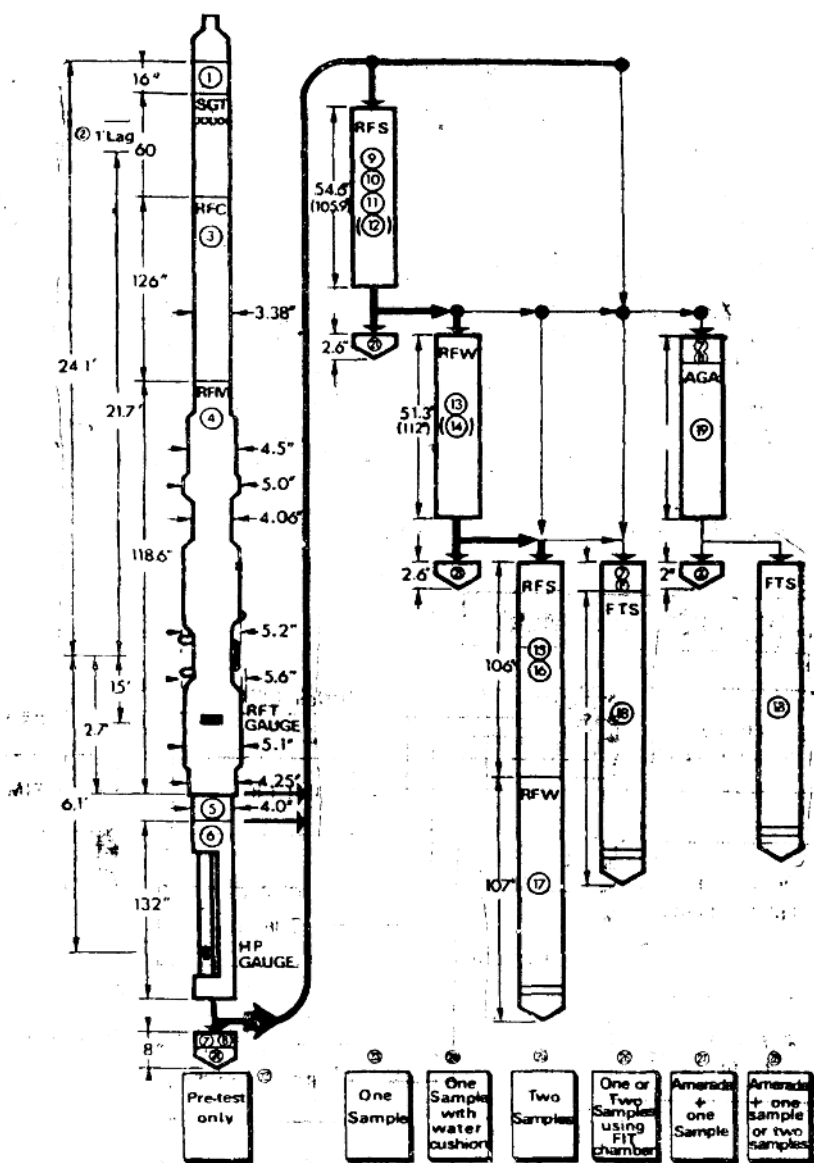


图5 井下仪器图

①SGT自然伽马短节;②1英尺滞后(注:21.7英尺+1英尺表示自然伽马测量点到探测器口之长度);③RFC电子单元;
④RFM机械单元;⑤RFT压力计;⑥HP压力计;⑦⑧短节;⑨⑩⑪⑫⑬RFS取样筒;⑭⑮⑯RFW取样单元水垫;⑰FTS
1~24加仑地层间隔测试器取样筒中的任意一个;⑱AGA Amerada压力计;⑲⑳底锥;㉑仅作预测试;㉒一个取样筒;㉓带
水垫的一个取样筒;㉔两个取样筒;㉕使用一个或两个FIT取样筒;㉖Amerada压力计+一个取样筒;㉗Amerada压力
计+1个或两个取样筒

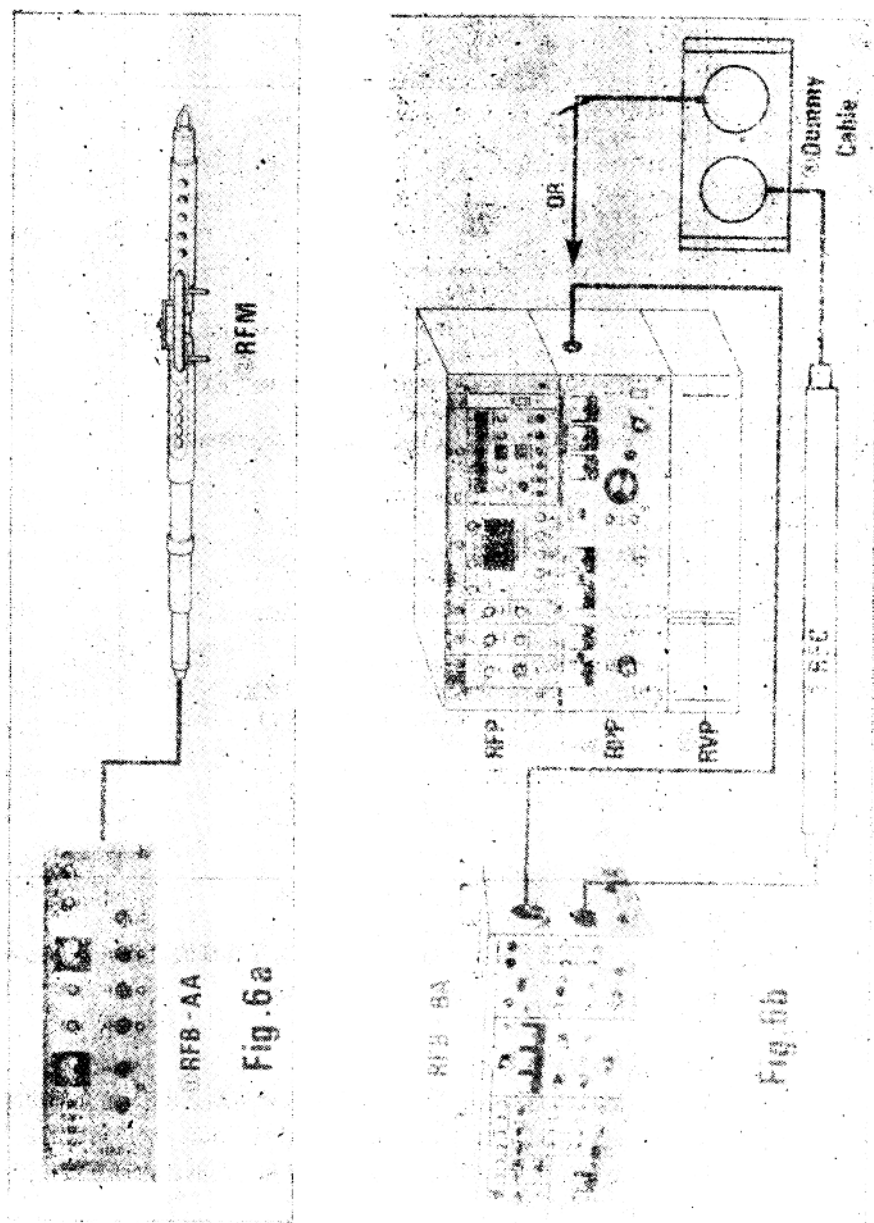


图6 RFT仪器示意图

- ①RFT测试箱；②RFT机械单元；③RFT电子单元测试箱；④RFT测量面板；⑤RFT电源面板；
⑥RFT电压面板；⑦RFT电子单元；⑧模拟电缆

表1-1 井下仪器设备表

项 目	概 述	重 量	
		磅	公 斤
EQCS-34	10芯电缆头		
1 AH-64	10—31芯接头	24	10.9
2 SGT-E	31芯自然伽马短节	87	39.7
3 RFC-AB	电子单元	155	70.4
(ECH-KT)	(电子单元外壳)		
4 RFM-AB	防硫化氢的RFT机械单元	265	120.4
	注: RFM-AB+RFK-R=RFM-ABB		
	其中 RFK-R为RFM-AB的修理包		
5 H-223398	测温短节(只附于为安装HP压力计而修改过的RFT上,也可以不带HP压力计而附于RFM下井)		
6 HPA-A	HP短节(只附于为安装HP压力计而修改过的RFT上)		
7 H-239528	带有传压阀的短节(老式),或	33	15.0
8 H-251490	对FTS或AGA的RFM接头(新式,对承压的FTS带存硫化氢通孔)	35	
9 RFS-AB	1加仑上取样筒,耐压20000磅/英寸 ²	160	72.7
10 RFS-AC	1加仑上取样筒,耐压15000磅/英寸 ²	160	72.7
11 RFS-AD	1加仑上取样筒,耐压15000磅/英寸 ² ,抗硫化氢、汞	160	72.7
12 RFS-AE	2 3/4加仑上取样筒,耐压20000磅/英寸 ²	212	96.4
13 RFW-AB	1加仑水垫(与9、10、11配用)	160	72.7
14 RFW-AC	2 3/4加仑水垫(与12配用)	247	112.3
15 RFS-BB	2 3/4加仑下取样筒,耐压20000磅/英寸 ²	212	96.4
16 RFS-BC	2 3/4加仑下取样筒,耐压15000磅/英寸 ² ,抗硫化氢	212	96.4
17 RFW-BA	2 3/4加仑水垫(与15、16配用)(同FTS-J水垫)	202	91.8
18	1~24加仑FIT取样筒		
19 AGA-C	Amerada压力计短节(不能与第6项组合)	166	75.0
20 H-46639	底 锥		
21 H-223135	底 锥		
22 H-217408	底 锥		

4.3 辅助设备

RFT仪器在工作中需要大量配套设备及备件。本章列出了标准的设备清单(见表1-1)

4.4 测试设备

4.4.1 测试箱

下述三个测试箱适用于检查液压系统和逻辑电路。

(1) RFB-AA——该测试箱无须电子单元和地面面板就可检查RFM的全部功能。

(2) RFB-CA——该测试箱可用以在R9照相记录仪上记录RFM液压循环的空气压力。

(3) RFB-BA——该测试箱可用以检查全部逻辑时序和遥测电路,可直接接于地面面板或直接接于RFC(电子单元)的底部。

4.4.2 特殊设备

H-125902 照相记录仪驱动器

H-223216 测深装置

H-223214 黄油充油泵接头

H-223157 真空塞帽

H-223250 注润滑油塞(冲洗样品管线用)内六方板手: 3/16、7/32、1/4、5/16、3/8 英寸。

活动板手

活动手钳

螺丝改刀

4.4.3 取样设备

H-223300 采油树(抗硫化氢, 耐压15000磅/英寸²)

H-223517 采油树(抗硫化氢, 耐压25000磅/英寸²)

H-046720 分离器总成

H-031290 Sprague 气表

H-048244 取样软管, 或

H-124383 长取样软管

H-048385 天然气软管

H-041681 刻度量筒

H-123008 接头、水垫

H-034124 空气接头总成

H-036044 排放接头

H-223429 HP用油桶

H-223423 HP装配塞

4.4.4 任选件

H-251841 5000磅/英寸²压力表

H-223320 20000磅/英寸²压力表
长探测器套件

H-223498 大直径探测器套件

4.4.5 备件

封隔器任选件:

H-223380 标准封隔器

H-223426 加强封隔器

H-223283 大面积封隔器

H-223446 大直径探测器用封隔器

过滤器任选件:

H-223318 0.018英寸标准过滤器

H-223378 长头过滤器

大直径探测器任选件

H-223479 0.012英寸(中型)

H-223448 0.018英寸(硬质)

平衡阀任选件:

H-223042 活塞(带glyd环)

H-223038 密封阀活塞(带glyd环)

H-223199 密封阀帽