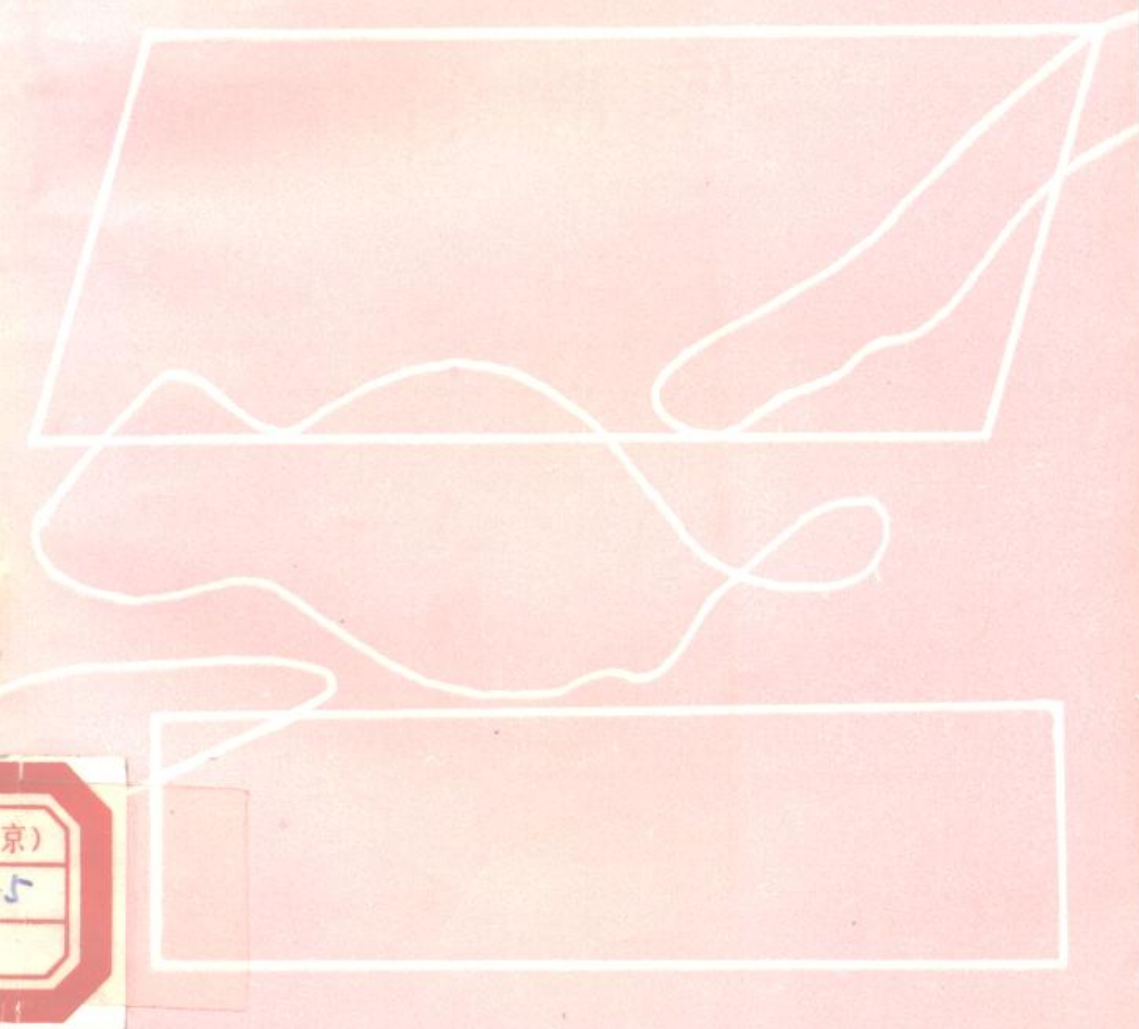


抽油井诊断图形分析

王九松 编著



石油工业出版社

TE355.5 / 003

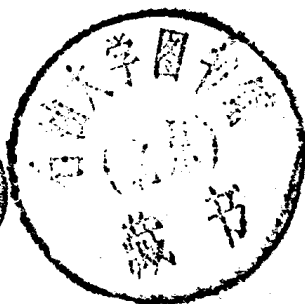
080472

抽油井诊断图形分析

王九松 编著



200470631



00768993

石油工业出版社

(京) 新登字082号

内 容 提 要

抽油井诊断图形分析是有杆泵抽油井稳产长寿和科学管理的重要手段。本书集作者近四十年现场实践经验,综合了我国抽油井广泛应用的诊断技术和应用成果,理论结合实际,深入浅出地阐述和分析了大量实测示功图(250余幅)的规律和特点,推荐了解决生产实际问题和提高深井泵泵效的实用方法。是一本很有实用价值的书。

本书适用于油田采油现场生产人员及大专院校师生工作和学习中参考应用。

抽油井诊断图形分析

王九松 编著

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京昌平第一排版厂排版

北京朝阳区北苑印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 37/8印张 82千字 印1—2500

1994年1月北京第1版 1994年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-1077-1/TE·999

定价: 3.50元

序 言

有杆泵抽油是我国原油生产最主要的采油方式。目前国内有杆泵抽油井已超过六万口，井数约占全国油井总数的94%，产量约占原油总产量的87%，对原油生产具有举足轻重的作用。如何对数万口有杆泵抽油井的运行工况进行诊断，又如何根据诊断的结果采取相应措施以提高泵效，长期以来一直是采油工作者十分企盼解决的技术问题，各油田对此都作了大量的研究工作，进行了大量的现场试验和生产应用，取得了显著的生产效果。

由中原石油勘探局王九松高级工程师集几十年的研究与生产实践经验编著的《抽油井诊断图形分析》一书，综述了我国抽油井广泛应用的诊断技术和应用成果，着重对实测的井下示功图进行了分析，推荐了提高深井泵泵效的实用方法，比较好地体现了经验与科学的结合，是一本很有实用价值的书。

此书的正式出版发行，无疑将对我国抽油井的诊断和提高泵效提供一些实用的参考方法，这对提高采油工作者的技术水平将起到一定的作用。

中国石油天然气总公司

开发生产局

罗英俊

1993年7月9日

前 言

有杆泵抽油井诊断技术是目前采油工艺技术的一个重要组成部分，是抽油井科学管理的一项测试技术。要想油井稳产、长寿、必须精通它、掌握它。

抽油井的生产状况很复杂，深井泵在井下工作的影响因素很多，不但受到“机、泵、杆”抽油设备，而且直接受到变化着的“砂、蜡、气、水”的影响。深井泵的工作状况可以通过测试仪器所测得的示功图来分析诊断，当生产情况发生变化或泵况变坏时，一定要有正确的结论，才能采取针对性的措施去解决。

本书汇集了各油田大量抽油井的实测诊断资料（实测示功图 250 余幅），理论结合实际，深入浅出地阐述和分析了大量实测示功图的规律特点和应采取的生产措施内容。这些都是作者本人集近四十年采油现场技术工作的经验总结。希望通过本书的出版，对各油田的抽油井生产和科研及在采油现场工作的同行们的工作有所裨益。

本书是在1992年下半年受中国石油天然气总公司开发生产局罗英俊副局长和中原油田蔡世启副局长委托之下编写的。在编写过程中得到了中原油田车卓吾和蔡世启二位副局长、王法轩处长和冯琦等同志的支持和关心，罗英俊副局长还给本书写了序言，在此一并致谢。

由于时间仓促，工作繁忙，加之本人水平有限，本书中难免存在问题，恳请采油同行们批评指正。

王九松

1993年5月27日

目 录

第一章 抽油井诊断仪状况	(1)
一、机械式示功仪.....	(2)
二、电子式示功仪.....	(3)
三、计算机诊断仪.....	(5)
第二章 动力仪测示功图的理论基础和图形特征	(12)
一、理论示功图特征分析.....	(13)
二、标准地面示功图.....	(21)
第三章 诊断仪所测井下泵功图的标准图形特征	(29)
第四章 诊断仪实测示功图的诊断技术和图形规律	(36)
一、正常生产抽油井的实测示功图.....	(36)
二、正常抽油,有振动影响时的实测示功图.....	(38)
三、正常抽油,抽油机平衡重没有调整好的实测示功图.....	(39)
四、自喷转抽油生产连抽带喷时实测示功图.....	(40)
五、改变抽油机冲数时示功图图形特征.....	(41)
六、油井出砂生产时实测示功图.....	(42)
七、抽油杆断脱时实测示功图.....	(43)
八、油稠井生产时实测示功图.....	(45)
九、不同情况生产的油井结蜡时实测示功图.....	(46)
十、深井泵柱塞脱出工作筒时实测示功图.....	(48)
十一、游动阀漏失、阀座刺坏时实测示功图.....	(49)
十二、固定阀漏失、阀座刺坏时实测示功图.....	(51)
十三、游动阀关闭迟缓时实测示功图.....	(52)
十四、深井泵上下泵阀都漏失时实测示功图.....	(53)
十五、柱塞脱出工作筒、固定阀又漏失时实测示功图.....	(56)
十六、深井泵受气体影响时实测示功图.....	(57)
十七、油井发生气锁现象时实测示功图.....	(58)
十八、油井供液不足或沉没度太小时实测示功图.....	(59)

十九、抽油井上冲程近死点有碰挂时实测示功图·····	(63)
二十、抽油井下冲程碰击时实测示功图·····	(64)
二十一、油管漏失时实测示功图·····	(66)
二十二、外界因素造成机械性跳动时实测示功图·····	(68)
二十三、柱塞与衬套间磨损严重时实测示功图·····	(70)
二十四、深井泵工作筒(或衬套)被“拉伤”时实测示功图 ·····	(70)
二十五、组合泵衬套磨损时实测示功图·····	(72)
二十六、CY611型动力仪故障时实测示功图·····	(74)
二十七、链条抽油机冲程“换向”时实测示功图·····	(74)
二十八、诊断仪计算机处理故障时的异常图·····	(75)
二十九、整筒泵变型、弯曲、松紧问题时实测示功图·····	(76)
三十、修井作业时太脏造成不出油的实测示功图·····	(78)
三十一、抽油泵改变结构影响时实测示功图·····	(79)
三十二、泵的下部装气锚改善泵况的实测示功图·····	(80)
三十三、使用玻璃钢抽油杆时对示功图的影响·····	(82)

第五章 与诊断技术有关的影响泵效因素分析和提高抽油井生

产能力的方法·····	(83)
一、影响泵效的因素·····	(85)
二、冲程损失计算·····	(93)
三、柱塞直径选择不当降低泵效·····	(95)
四、气体因素影响泵效·····	(100)
五、沉没压力与泵效关系·····	(102)
六、有关参数与泵效的关系·····	(104)
七、选择抽油参数时应考虑的原则·····	(110)
八、抽油井防冲距的理论计算和实用效果·····	(113)
九、抽油井井筒潜力分析方法·····	(115)

第一章 抽油井诊断仪状况

随着油田开发工作的进展，大部分油井停喷后必须采取机械采油的方式来生产。当前，机械采油方式中，有杆泵抽油机井占全国油井总数的94%；即使下电潜泵生产井数较多的油田如中原油田，抽油机井也占总生产井数的80%以上；有的低压、低渗透、低产量的油田全部采用有杆泵生产。由于抽油机井生产状况复杂，深井泵下入油井深处（从全国统计数据来看，大平均的泵挂深度1000m，浅的油田600~800m，而中原油田的抽油井较深，平均泵挂在1650m。目前国内泵挂最深的井已超过3000m，对于下玻璃钢抽油杆生产的油井，泵挂深度很容易超过3000m，油井还可增产），泵的工作状况是否正常，必须使用诊断仪器来测试，用动力仪或诊断仪来测井下示功图判断泵况，用回声仪测井下液面判断深井泵是否沉没在液面以下工作，还可以测电机电流或采用井口憋压方法来判断生产状况。诊断资料的分析、判断是关键，诊断技术水平的高低直接影响油田产量。

抽油井要科学管理，一定要使用好的诊断仪器。一般泵挂深度浅于1000m的井，可用动力仪测地面示功图进行分析；泵挂深度超过1500m时，只靠地面示功图来分析是不科学的，多数会判断错误而造成不必要的修井作业；或者由于技术水平有限，抽油机井的规律性掌握不好，都会直接使不少抽油井减产或油井潜力不能充分发挥。自从1986年引进美国车载抽油机井诊断仪之后，依靠计算机诊断处理和收集数

据，不仅测得地面示功图和井下动液面，而且测得了井下泵功图（泵功图是不考虑抽油杆柱和油管柱的伸长和缩短，画出泵的实际行程内的变化状况的图），图形趋于规律化、图版化，减少了许多容易分析错误的特征，能较准确地定量分析。

目前，国内各油田使用的抽油井示功图测试仪器种类较多，性能不同，对比介绍如下：

一、机械式示功仪

机械式示功仪只能测得与抽油杆上行程时受力和冲程位移——对应的函数关系，由记录笔划出封闭的示功图曲线。常用的有以下两种：

1. CY611型水力动力仪

CY611型水力动力仪是经过改进的仿苏国产动力仪（61年西仪厂试制成功），已经使用了32年，在泵挂深度浅于1000m的抽油井上测试地面示功图，精度能满足生产要求。由于其价格低廉，在冲程小于1.8m的抽油机井上还是方便的和实用的。它的结构是由测力和记录两部分组成。它的测试原理是将CY611型水力动力仪承压部分安装在抽油机悬绳器的两块夹板之间并夹紧，使抽油杆随行程变化的拉伸应力变为膜压室的压缩应力，应力传给螺旋弹簧管并产生形变，带动记录笔划出载荷高低，同时通过光杆行程动作，按减程比（1:15，1:30，1:45）划出位移长短，光杆上下往复运动一次就画出一个封闭的地面示功图。

2. SG2型示功仪

SG2型示功仪，是仿德国 LEUTERT 公司生产制造的 DYN7 型示功仪，结构和工作原理相同。这种机械式示功

仪在测试时，要求抽油机悬绳器上配有工字卡盘。抽油井测试功图时不必停抽油机，能连续测得深井泵每个上、下冲程时的示功图。当驴头下行近下死点时，手扶示功仪的两个手把，将仪器卡入工字卡盘中，同时拉动打压手柄，使液压部分连通后受压工作，仪器内液体受载荷变化产生压力变化，记录笔装置将压力变化转换为位移的变化，并记录于记录筒卡片上；同时，记录筒随光杆运动而旋转，由此记录出负荷变化与冲程关系的曲线，即划出地面示功图。

CY611型动力仪有三个支点应力范围，比例关系为1:0.75:0.53，支点位置是根据驴头载荷大小来选定的，大载荷选1支点，小载荷选3支点。而SG2型示功仪或西德DYN77型示功仪，要选择弹簧号码来适应抽油机驴头载荷的大小。驴头最大载荷35kN时用一号弹簧，50kN时用二号弹簧，60kN用三号弹簧，70kN时用四号弹簧。若超过70kN时需要改用SG2A型示功仪，70kN时用Ⅰ号弹簧，100kN时用Ⅱ号弹簧，120kN时用Ⅲ号弹簧，140kN时用Ⅳ号弹簧。SG2和SG2A型示功仪所测得的图形相同。

二、 电子式示功仪

电子式示功仪除了能绘制示功图外，还可以打印出图形上各点的数据；目前已经发展到与计算机连接或无线电发射进行信息传输；示功图测试不仅有地面示功图，还有井下泵功图，这样就给抽油井诊断提供了较为可靠的资料和数据，提供了更为科学的依据和方便条件。

1. DLY-1型电子示功仪

DLY-1型电子示功仪，是航天部井岗山仪表厂生产的产品，主要由载荷和位移传感器、记录仪和绘图仪组成。它的

工作原理是把贴有应变片的弹性体(载荷传感器), 装在抽油机悬绳器上、下夹板中, 把光杆负荷的变化转变为弹性体的变形, 而导致应变片电阻值的变化, 从而产生对应于光杆载荷变化的电信号, 经过电路处理后送入 $x-y$ 绘图仪绘图。位移的测量是利用抽油机带动线轮, 经过减速, 带动可变电位器产生对应位移的电信号, 经过电路处理后送入 $x-y$ 绘图仪的。电机电流的测量是利用绕有线圈的导磁体, 测量电机电源线周围磁场的强度, 得到比例于电机电流强度的电信号, 经电路处理后亦送入 $x-y$ 绘图仪绘图。DLY-1型电子示功仪是将测量的变量转变为电信号来处理的, 从而把机械传动的误差降到最小限度。这种仪器技术性能好, 测量范围较宽, 载荷可测 $0\sim 147\text{kN}$, 电流可测 $0\sim 200\text{A}$, 位移可测 $0\sim 6.5\text{m}$, 数据采集容量可达50井次。这类仪器在中原油田没有使用过, 所测示功图也是地面示功图。

2. SG3型电子示功仪

SG3型电子示功仪是第三仪表厂仿制美国 $\Delta-x$ 型电子示功仪而成。它可绘制光杆载荷与位移对应关系曲线的示功图, 可绘制电流与位移对应关系曲线的功率图, 亦可绘制载荷与时间、位移与时间、电流与时间的展开图, 并可检查深井泵固定阀(SV)、游动阀(TV)的漏失情况, 检查抽油机的平衡状况。SG3型电子示功仪由负荷传感器、位移传感器、电流传感器、记录仪和五根电缆组成。这种仪器在中原油田使用多年, 经实践认为其缺点为所测示功图只是地面示功图, 仪器较重, 易损坏, 价格较贵, 所测内容有的无实用意义。不宜推广使用。

SG3型电子示功仪的工作原理, 载荷传感器是一应变电阻式压力传感器, 用来测量光杆负荷变化, 它将光杆负荷

变成与负荷大小成正比的电压信号；位移传感器是将光杆冲程带动的弦线减速后，带动电位器中电刷移动，产生与位移成线性关系的电信号；电流传感器用来测量马达电流，它利用绕有电感线圈的导磁体在电机电源线周围时，因电流大小的变化会引起磁场强度的变化，进而在电感线圈中产生一个与被测电流成正比的交流电压信号，交流电压经整流滤波后变成直流电压信号；三种传感器产生的电信号分别经电缆输往记录仪，经前置放大后，根据所测曲线的需要，由测量选择开关将其中的两种信号（载荷-时间，位移-时间，电流-时间）输经 x 轴和 y 轴的伺服放大单元，从而驱动记录笔进行记录。负荷测量范围 $0\sim 140\text{kN}$ ，位移测量范围 $0\sim 6\text{m}$ ，电流测量范围 $0\sim 150\text{A}$ 。

三、计算机诊断仪

随着油田采油工艺技术的不断提高和发展，随着注水开发过程中油井含水不断上升，要想稳产，必须搞好地质开发的注采平衡、水井调剖、油井封堵水；还要根据油井动液面的实际情况，保持合理的生产沉没度。全国平均泵挂深度在逐年增加，“深抽井”（泵挂超过如下范围均称为深抽）， $\phi 38\text{mm}$ 泵径的 $H>2200\text{m}$ ， $\phi 44\text{mm}$ 泵径的 $H>1800\text{m}$ ， $\phi 56\sim 57\text{mm}$ 泵径的 $H>1600\text{m}$ ， $\phi 70\text{mm}$ 泵径的 $H>1250\text{m}$ ， $\phi 83\text{mm}$ 泵径的 $H>1000\text{m}$ ， $\phi 95\text{mm}$ 泵径的 $H>850\text{m}$ 的井数在增加，抽油井的示功图分析解释的难度也在越来越大。深抽井必须用计算机诊断仪测试井下示功图（泵功图），才能正确诊断。

计算机诊断仪，是一种普及型、高技术的智能仪器。它集电子示功仪、功图数据采集装置、计算机诊断于一体的石

油专用测试仪器；具有体积小、功能全、使用方便和寿命长等优点，能测地面功图，也能测井下泵功图，还能测动液面，并经计算机综合处理资料而使诊断技术科学化。

1. SJZ1、SJZ2型便携式诊断仪

SJZ1、SJZ2型便携式诊断仪，能采集60幅地面示功图、功率图，能检查固定阀和游动阀漏失，能检查抽油机平衡状况，能计算和打印冲程、冲次、光杆最大载荷和最小载荷，能测量上、下冲程时的峰值电流，能绘制抽油机变速箱的扭矩曲线，还可以不停抽油机测试（SJZ1型为电子液压式，能测0~80kN的光杆载荷，位移0~6m；SJZ2型为应变梁式，能测0~140kN载荷，位移0~6m，电流0~150A）。

便携式诊断仪是由载荷传感器、位移传感器、电流传感器、二次仪表及三根电缆组成。各传感器的输出信号经相应的电缆输至二次仪表，经放大和A/D转换后存入存储器，再借助于计算机和打印机来绘制示功图和功率图，并计算和打印出冲程、冲次、光杆最大载荷和最小载荷、上下冲程的电流及功率等数据。利用有关的诊断程序，可以对所测抽油井进行测图和诊断，并可绘出井下泵功图和扭矩曲线。

这两种产品是沙阳第三仪表厂生产的，中原油田没有使用。

2. SG1500A抽油机井诊断仪

SG1500A抽油机井诊断仪，是牡丹江仪表厂的产品，可以测地面和井下泵功图并可以绘图和打印，使用PC-1500计算机工作。负荷范围0~100kN，冲程0~4m，适用于大庆等油田。该诊断仪一次充电12小时可测6口井，适用于浅井测试，仪器轻便。

3. MD213TY型抽油井多参数遥测诊断车

MD213TY 型抽油井多参数遥测诊断车, 是牡丹江电子仪器厂新试制的产品, 该诊断车能在离井口一定距离, 通过无线电发射传输各种测试参数。车上配置 SCORE-PC/XT 计算机、绘图机、打印机、显示器、载荷传感器、冲程传感器、电流传感器、油压传感器、测液面井口连接器、液面放大器、遥测发射仪和遥测接收仪, 实现远距离信号传输。配备有计算机软件和诊断程序。这种诊断车价格昂贵, 有的技术性能与一般电子示功仪所测的资料差不多, 使其推广受到限制。

4. SCZ-1型抽油井车载诊断系统

SCZ-1型车载系统, 是由 SG3 型示功仪、SH3型回声测深仪、CCS型数据采集器、计算机及其软件等组成, 该系统安装在带有空调的汽车内。该系统能测得井下泵功图等诊断资料。

该系统的测试工作原理与SG2相同; SH3与CJ-1型是仿美D-6B₂型双频道回声仪测油井液面的仪器; 高频反射波测油管接箍, 低频反射波测套管内的液面; STM型计算机内存512K, 时钟8Hz, 16位, 键盘83键, 磁盘驱动器为1M双软。显示器35.6cm; 为中分辨彩显M1724或8301。

5. ZYJD-86 型抽油机井数字示功仪及诊断系统

该系统是由中原油田与西安交大合作研制的诊断仪(杭州富阳石油仪器厂生产)。数字示功仪采用改进的SG2型动力仪, 可进行电信号传输。该仪器在中原油田使用较广, 但性能一般, 仪器易损, 质量欠佳, 测试功能不能测井下泵功图(富阳石油仪器厂已宣称停止生产ZYJD-86型、ZYSGD-89型仪器, 将由新产品代替), 现已停止使用。

6. SHD-1型计算机综合测井仪

SHD-1 型计算机综合测井仪（原称 SHD-1 型系统效率测试仪）是由中国科学院三环新材料研究开发分司研制生产的抽油井诊断仪，经过四年多来的生产实践评价较好，认为该仪器测试资料准确，性能良好，操作简单，值得推广。

SHD-1 型诊断仪的各种传感器（如：载荷、位移、功率、声波等传感器）将若干被测量的参数转换成相应的电压信号送入数据采集系统，在计算机的控制下分别产生出一系列可被计算机识别的数字，计算机利用软件的功能，将这些数字分别完成示功图处理、有功功率处理和动液面处理等工作，最后通过打印机输出完整的井下泵功图和抽油机系统效率分析结果。该仪器的特点是采用高档便携式微机，测井速度快、性能稳定、具备汉字功能且操作方便，能同时完成示功仪、回声仪、有功功率仪的全部功能测试工作，并具有完整的泵功图诊断和系统效率分析程序。该机程序全部固化，性能稳定。该仪器适合油田复杂油井的诊断使用（计算机处理后，打印出井下泵功图、功率图、双频道液面及系统效率分析数据）。

SHD-1 型诊断仪载荷测量范围 $0 \sim 150 \text{ kN}$ ，位移 $0 \sim 6 \text{ m}$ ，精度 1% ；有功功率测量范围 $0 \sim \pm 60 \text{ kW}$ ，动液面测量范围 $0 \sim 2500 \text{ m}$ ，误差 $< \pm 5 \text{ m}$ ；主机内存 512 KB ，数据存储容量 150 井次；测井环境温度 $-10 \sim 45^\circ \text{C}$ ，仪器尺寸 $47 \times 34 \times 12 \text{ cm}$ ，重量 7 kg 。

7. SHD-2 型计算机综合诊断仪

SHD-2 型是在 1 型仪器基础上改进研制的。经油田试用性能稳定，测试资料准确可靠。该仪器主要特点为采用了优质软件及高档快速微机，触摸式键盘，汉字化，操作简化，而且体积小、重量轻，主机内存 640 KB 。采纳了用户意见后，

：售价比SHD-1型低一半。

SHD-2 型计算机诊断仪和测试辅助工具的外形见图1—1，所测试的地面示功图、井下泵功图和动液面曲线见图1—2和图1—3。

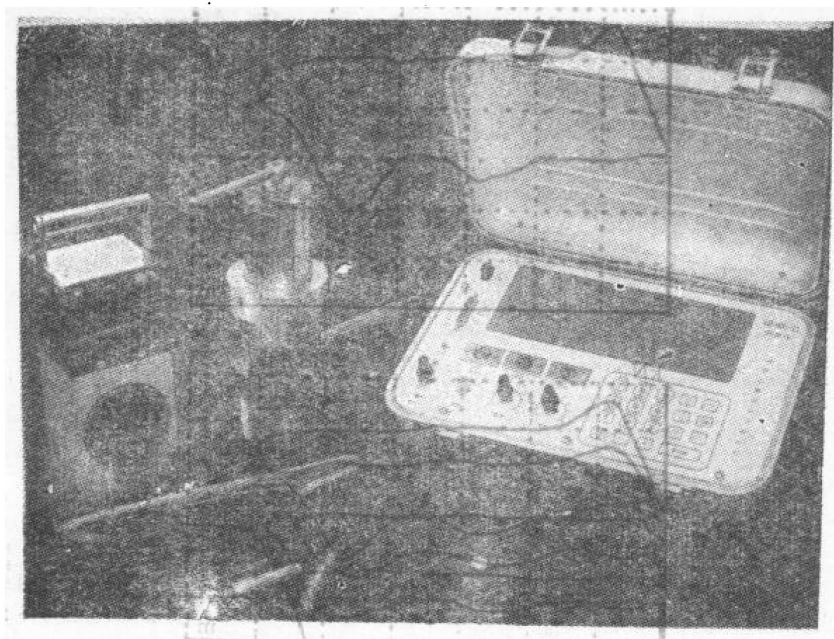


图 1—1 SHD-2 型计算机综合诊断仪外形图

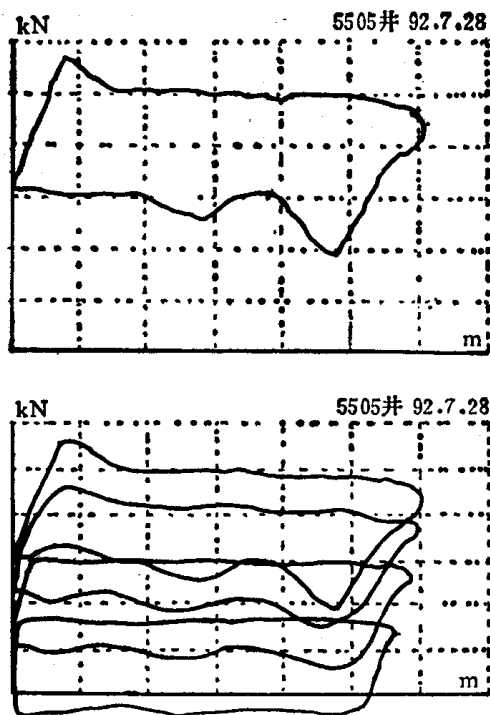


图 1—2 SHD-2型诊断仪所测功图 (5505井实例)