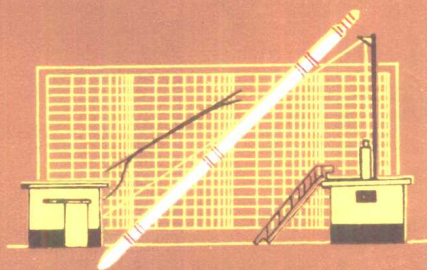


石油勘探与开发普及丛书



油水井测试

大庆油田《油水井测试》编写组



科学出版社

石油勘探与开发普及丛书

油 水 井 测 试

七 庄 油 田《油 水 井 测 试》编 写 组

科 学 出 版 社

1 9 7 6

内 容 简 介

“石油勘探与开发普及丛书”是大庆油田革委会主持编写的，是以石油战线上的工人为主要对象的科学技术读物，共约 20 余种。

这套丛书力求反映大庆工人阶级在勘探、开发大庆油田的过程中，坚决执行“独立自主、自力更生”的方针；坚持“两论”起家，发扬会战传统，在实践中认真学习并运用毛主席的光辉哲学思想；大力宣传辩证唯物论，批判唯心论的先验论和形而上学。

《油水井测试》是本书的一种。油水井测试是油田开发中一项经常的、大量的基础工作，是认识油层、改造油层的重要侦察手段。全书共分四部分，分别介绍了为什么要进行油、水井测试，油、水井试井的方法，油井分层测试和水井分层测试的工艺技术，并以较多的篇幅介绍了油、水井分层测试。

石油勘探与开发普及丛书

油 水 井 测 试

大庆油田《油水井测试》编写组

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1976 年 10 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1976 年 10 月第一次印刷 印张：1 3/4

印数：00001—30,000 字数：23,000

统一书号：13031·456

本社书号：681·13—14

定 价： 0.15 元

前 言

在毛主席革命路线指引下，在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，我国石油工业战线广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，高举“**鞍钢宪法**”旗帜，发扬了独立自主，自力更生，艰苦奋斗的革命精神，赢得了石油工业的迅速发展。通过无产阶级专政理论的学习，石油战线形势越来越好。为满足广大石油工人、干部，尤其是青年工人迫切需要掌握科学技术知识的愿望，我们编写了“石油勘探与开发普及丛书”。

我们力求通过这套丛书反映大庆工人阶级坚持“两论”起家的会战传统，积极运用毛主席的光辉哲学思想指导斗争实践，努力学习无产阶级专政理论，大力宣传辩证唯物主义和历史唯物主义，批判唯心论的先验论和形而上学。丛书内容着重介绍基础科学知识，文字力求简明扼要，通俗易懂，深入浅出。

丛书是由战斗在生产第一线的工人、干部和技

术人员组成的三结合小组进行编写的，并广泛征求了群众的意见。但是，在内容上，主要反映了大庆油田的特点，对于石油勘探开发的全局来说，还有较大的片面性；文字上，由于水平所限，仍然与广大工人的需要会有差距。恳切希望读者提出批评意见。

大 庆 油 田

“石油勘探与开发普及丛书”编写领导小组

一九七五年五月

目 录

前言

一、为什么要进行油水井测试	1
1. 加深对油层的认识	2
2. 为合理地开发油田提供制定方案和措施的依据	3
3. 了解油、水井井下工具的工作状况	4
二、油井试井	7
1. 系统试井	8
2. 不稳定试井	12
3. 水文地质勘探试井	16
三、油井分层测试	17
1. 测试方法	18
2. 测试仪器	19
3. 测试用的动力机械设备	26
四、注水井测试	28
1. 注水井分层测试的方法和仪器	30
2. 注水井指示曲线的分析和运用	40

一、为什么要进行油水井测试

在油田开发工作中，必须用毛主席的光辉哲学思想作指导，在搞清油田静态特征的基础上，及时准确地掌握油田开发过程中油、气、水在油层内运动的情况，以便采取相应的措施，使油田的各区(块)、井组、小层充分发挥其生产能力，以保持油田高产稳产和提高油田最终采收率。油、水井测试，就是用各种地面仪表与下井仪器相配合，录取反映油、水井和各油层在不同时间、不同条件下采油和注水情况的资料。这是油田开发中一项经常的、大量的基础工作。

毛主席教导我们：“指挥员的正确的部署来源于正确的决心，正确的决心来源于正确的判断，正确的判断来源于周到的和必要的侦察，和对于各种侦察材料的联贯起来的思索。”在油田开发中，油、水井测试就是一种重要的侦察手段。通过油、水井测试得到的资料，主要用于下述三个方面：

1. 加深对油层的认识

油层深埋地下几百到几千米，油井的直径又只有碗口大小，人们不可能下到井里对油层进行直接的观察。这就给人们认识油层带来了很大的困难。油田投入开发以前，人们是利用钻井时从地下取出的岩芯和各种测井资料来认识油层的。岩芯资料和电测资料是重要的基础资料，但它却有一定的局限性。因为它只反映了井眼附近的油层情况。通过测试，则能使我们对油层的认识更加全面一些。

例如，用岩芯、测井资料所求得的反映油层出油能力好坏的重要指标——渗透率，只是井眼附近的油层渗透率。而采油井采出的石油却是以油井为中心，半径大到几十、几百米的油层供给的。利用油井测试所获得的压力恢复曲线，则可以求得油井全部供油范围内的油层平均有效渗透率。再如，由于岩石性质变化，油层在井间尖灭，或因井间存在断层（如图1所示）等情况，用岩芯和测井资料是不可能全部搞清的。而用油、水井测试资料却能帮助发现这些情况，并能具体求出油井与断层间的距离。

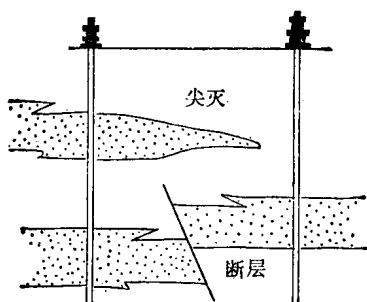


图 1 尖灭、断层示意图

2. 为合理地开发油田提供制定方案和 措施的依据

我们知道，固体矿藏(如煤、铁等)无论在开采前和开采中，相对说来是稳定不变的。石油是一种液体矿藏，油田投入开发以前，油层内部处于相对的稳定状态。油田一经投入开发，油层内部的相对稳定状态就被打破，立即转入显著的变动状态。油层内，不仅各种流体(油、气、水)都在渗流，而且油层及油层中各种流体的性质也在随着时间和开采条件的变化而变化。在注水开发的油田中，矛盾显得尤其复杂。要取得较好的油田开发效果，就必须掌握油层中油、气、水的运动规律，并在油田开发的全过程中，

随时了解油层及其中流体的情况(即掌握动态),及时制定各种必要的调整措施,促使矛盾向有利于提高油田开发效果的方向转化。油、水井测试,就是了解油田动态的最主要手段。

例如,随时录取油(水)井各开采层段的产油量(或注水量)、压力等资料,可以掌握各层段产油量(或注水量)的变化,为对出油差(或注水量低)的层段进行酸化和压裂改造提供依据。又如,当油井大量产气时,通过井温测井得到的井温曲线可以判断是不是有产气层位。

3. 了解油、水井井下工具的工作状况

采油井是将原油从油层采出地面的唯一通道,注水井是注水开发油田中向油层补充能量的唯一通道。在开发过程中,必须保证油、水井井下工具正常工作。如果发生故障后不能及时发现和排除,就要直接影响油、水井正常工作。油、水井测试,是我们了解油、水井井下工具工作状况的主要手段。

例如,某些分层注水井的注水量突然下降,通过测试,可以判明水嘴堵塞程度和堵塞的具体层段。

又如，通过测试，如果发现各层段的油层压力相同，就可以判明采油井的封隔器已经失效。

总之，进行油、水井测试，是为了详细地占有材料，以便正确地作出开发油田的部署。

但是，任何一个油田，常常都不止一个油层。不同的油层，在性质上存在着明显差异。油田上的油、水井却一般是同时开采多层和同时向多层注水。测试时，如果不能把井中各油层分开，得到的结果，许多仍是井中被打开的各个油层的综合反映。为了提高开发效果，我们希望测试成果要详细到能反映出层与层之间的差别，反映出各个层不同的动态。这在世界油田开发中，也是一个有待进一步研究的课题。

大庆油田的广大工人、干部和技术人员，遵循伟大领袖毛主席关于“独立自主，自力更生”，“走自己工业发展的道路”的教导，高举“鞍钢宪法”的旗帜，运用毛主席光辉的哲学思想，创造和发展了以分层注水、分层采油为中心的一整套中国式的开采技术。在全油田实现了分层开采，大大提高了油田开发的水平。无产阶级文化大革命以来，群众性的油田开发科学实验活动蓬勃发展，更加促进了分层开采和

油、水井分层测试技术水平的进一步提高。井下分层开采技术的出现,不仅为分层控制和调节注、采量提供了可能,也为分层了解油层的静、动态情况创造了条件,使我国油、水井测试工作发展到了一个崭新阶段。

目前,分层开采技术已在我国各油田开花结果,分层测试,也成为我国油、水井测试工作的主要内容。本书将以较多的篇幅介绍油、水井的分层测试。

在进行油、水井测试时,下入井中的仪器是连接在测井钢丝或电缆上,用各种动力设备(如电动绞车、试井车等)来完成几百米到几千米深的井中的起、下工作,如图2所示。

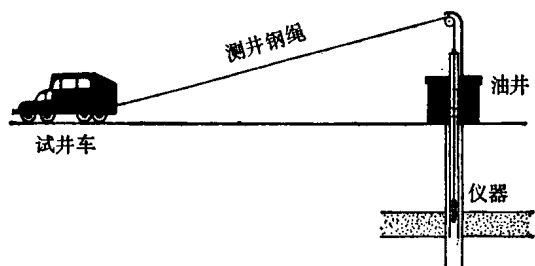


图2 油、水井测试示意图

进行分层测试时,采用的是与分层采油、分层注

水管柱配套的分层测试仪器。

二、油 井 试 井

根据岩芯分析(即实验室方法)和各种测井曲线(即地球物理方法)得到的地层及其中流体的资料是很重要的基础资料。缺少这些资料就不能对油田构造和油田性质有比较充分而完整的认识。但这些资料本身又存在着局限性,因为它们只能判断紧靠井眼附近的非常狭小的一个区域内的地层性质。如果借助于这些资料用内插法来估价那些远离井底的井间地区的地层性质,其结果往往与实际情况有相当的出入。因为用这种方法得到的资料的精确度,完全为井网密度所限制。而在油田开发过程中,井网的密度又取决于对油田的认识程度。这是一个很大矛盾,特别在油田开发的初期,一方面只有较少的探井,另一方面却要求尽早地取得大量正确的资料,为编制合理的油田开发方案提供依据。在水动力学的基础上发展起来的水动力试井方法,就是解决这个矛盾的一种办法。这,就是我们将要着重介绍的“油井试井”。油井试井包括自喷井试井和机械采油

井试井,本书主要介绍自喷井的试井。

目前常用的试井方法有系统试井、不稳定试井和水文地质勘探试井三种。不论哪种试井方法,都是通过改变油井工作制度,并录取在不同条件下的油井产量和压力等资料来完成的。

1. 系 统 试 井

系统试井,又叫稳定试井,是通过由小到大改变油嘴直径,使油井在不同工作制度下生产,并在每一种生产状况达到相对稳定后,录取产油量、油气比、油压、套压、流压和含水量等生产指标。

系统试井主要用在油田全面投入开采以前的试验采油阶段。进行系统试井的目的,是为确定油井的合理工作制度,了解油井生产压差(静压与流压之差)和产油量之间的关系。系统试井的资料可以概括如图3、图4所示的两种曲线,一种是叫系统试井曲线,另一种叫油井指示曲线。

油井系统试井曲线 在坐标纸上,用横坐标表示油嘴直径大小,纵坐标表示产油量、油气比、油压、流压等生产指标。将不同直径油嘴生产时所测

得的各种生产指标点在坐标纸上，分别将各生产指标连成曲线，即得到系统试井曲线（图3）。对比各直径油嘴生产条件下的各生产指标，选择产油量相对较高，油气比、含水量相对较小的油嘴作正常生产油嘴，这就是较合理的工作制度。

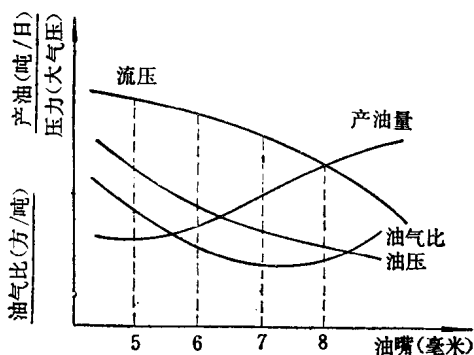


图3 油井系统试井曲线

油井指示曲线 油井指示曲线是反映油井生产压差和产油量的关系曲线。生产压差是指油层压力与油井井底压力(又叫流动压力)之差。在油井关井情况下，井底压力与油层压力相等，没有压差，原油就会停止流动。当开井生产时，由于井口与井底之间，井底与油层之间存在压差，原油就喷出井口，油嘴越大，生产压差越大。压差改变，产量也要改

变,把这种关系绘成曲线,就是指示曲线。曲线横坐标表示油井的日产油量,纵坐标表示生产压差。常见的油井指示曲线有图 4 所示的三种情况(图 4)。图中 1 是一种斜率不变的直线,即生产压差每增减一个大气压,日产油量的增减值相同。它表明原油在油层中没有脱气现象,流动状况比较稳定。这种类型的曲线属于水压驱动类型。实际生产中,实测的结果多为图中曲线 2 所示。即当压差低于某一值生产时是直线,超出某一值生产时,出现向压力轴方向弯曲的现象。说明生产压差增大到此时,产油量的增加值逐渐减小。产生这种现象通常有以下三种原因:(1)随着压差增大,井底或油层中出现脱气现象,使油层能量损失变大,产油量相应减少;(2)随

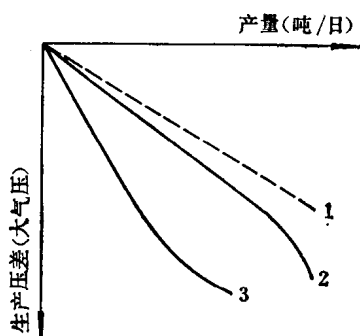


图 4 油井指示曲线

着压差增大,井筒附近流动阻力增大,使产油量相应减少;(3)井底出现蜡或其它脏物堵塞,使油流阻力增加,产油量降低。曲线3所示是一种少见的情况,可能由于测试资料不准确而造成,也可能是生产没有稳定,或因放大压差,原来不出油的层开始出油所致。出现这种情况必须重新进行测试,弄清原因。

有了油井指示曲线,可以对比油井生产能力的大小。例如甲、乙两口井某一油层生产压差分别为10个大气压和15个大气压,而日产油量分别是40吨和45吨,从产量绝对数值看,后者比前者大,是不是可以说后者比前者生产能力大呢?不能,因为两者的工作条件不一样,前者压差小,后者压差大,这样对比没有意义。必须把两口井在相同生产压差(如一个大气压)的产油量进行对比,才能说明哪口井生产能力大,哪口井生产能力小。由以上列举数值可知,甲、乙两井在单位压差下的日产油量 $K_{甲}$ 、 $K_{乙}$ 分别为:

$$K_{甲} = \frac{40 \text{ 吨/日}}{10 \text{ 大气压}} = 4.0 (\text{吨/日} \cdot \text{大气压})$$

$$K_{乙} = \frac{45 \text{ 吨/日}}{15 \text{ 大气压}} = 3.0 (\text{吨/日} \cdot \text{大气压})$$