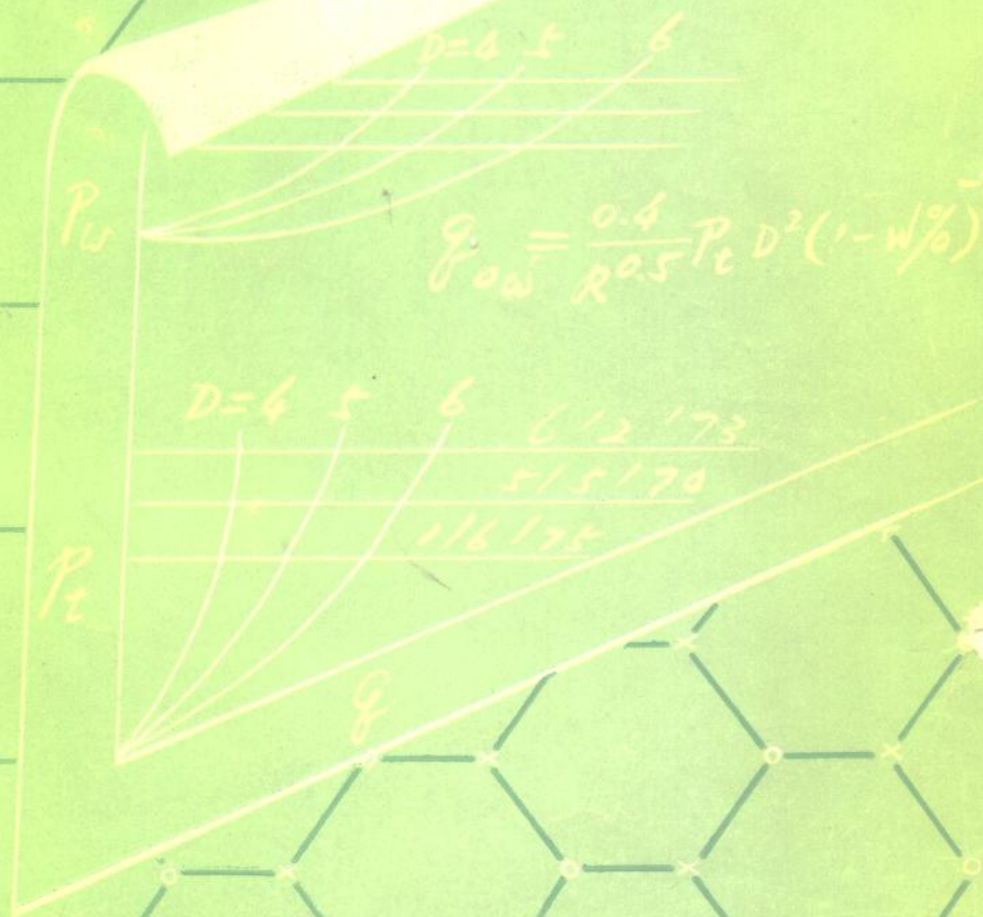


# 油井产状和油藏动态分析

童宪章 著



石油工业出版社

4598

# 油井产状和油藏动态分析

童宪章 著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书的特点是把有关油井和油藏动态分析的理论研究成果和经验性方法用来分析具体油井和油藏。

全书共五章。前几章简要地介绍了一些有关油井产状和油藏动态分析的基本知识和方法，其中特别介绍了在我国油田开发过程中发现的一些经验性规律。在核心部分——第五章中选择了我国油田的十多个具有典型意义的油井和油藏实例，进行了较全面细致的分析。为便于应用，在分析方法中详细介绍了原始资料的整理和图表的编制过程，并特别重视通过数学计算来取得定量的分析成果。

本书的读者对象是采油地质、工程技术人员和具有中等学校数学水平的采油工人。也可供石油院校采油专业师生参考。

## 油井产状和油藏动态分析

童宪章著

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

大厂县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>，印张22<sup>1</sup>/<sub>4</sub>，字数552千字 印数1—2200

1981年4月北京第1版 1981年4月北京第1次印刷

书号15037·2217 定价2.35元

## 前 言

为了保持新老油田高产稳产，必须大力提高我国目前的油田管理技术水平，特别重要的是，要求采油地质和工程技术人员高度掌握油井产状和油藏动态的分析工作，才能做到科学合理、有预见性地开发好祖国宝贵的石油资源。

近年来全世界在采油理论方面发展很快，由于计算机技术的迅速提高，已能通过数学模拟准确地预测大型复杂油藏的动态预报工作；但对于经常性的油井产状和油藏动态分析工作，还缺少一套系统的、全面的工作方法，特别是对具体的油田实例很少报导。本书的编写目的就是利用我国油田中所积累的部分经验在这方面给油田现场工作人员提供一些参考资料。

在本书的前几章中简要地介绍了一些有关油井产状和油藏动态的基本原理和一些经验规律，而在重点部分——第五章中则应用一些油井和油藏实例来阐明上述原理和经验的应用。

在本书所介绍的分析方法中有以下几项特点：

(1) 综合利用各种生产和试井数据，包括井口和油层的各种指标和参数，找出它们之间的内在联系，并用数学式表达出来，达到去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼的目的；

(2) 对于开采多层的油井，通过简单的模拟方法试验用若干单层模型产状叠加起来表现全井产状，并用井的生产历史验证方法的准确性；

(3) 试验用一个油藏早期生产井的产状资料来推测未来开发过程中的重要指标和关系，例如自喷井的停喷压力、油藏开采速度和井数的对应关系等等；

(4) 应用经验统计方法解决一些用目前已有的理论尚未能很好解决的问题，例如关于自喷井井筒内部油流压头损失的计算和水驱油藏最终采收率估算方法等等。

本书中所使用的一些经验方法，很多是从我国油田现场工作中摸索出来的，因而它们是不成熟的，也必然带有很大的局限性；但是它们在一定的条件和场合下，还是能解决一些具体问题的。如果本书能对我国油田开发和开采工作人员，在油井产状和油藏动态分析方面起到一定的参考作用，并且能引出更丰富的经验方法介绍的话，那么本书的编写目的也就达到了。

# 目 录

## 前 言

第一章 油井产状分析的目的及所需资料 .....	1
第一节 油井在油田开发中的作用 .....	1
一、提供油井产状和油藏动态分析所必需的资料 .....	1
二、利用油井改造油层, 提高开采效率 .....	2
第二节 油井产状分析的主要目的和具体要求 .....	2
一、主要目的 .....	2
二、具体要求 .....	3
第三节 油井产状分析所需要的基础资料 .....	3
一、基础井史资料 .....	3
二、开采层的性质和参数资料 .....	4
三、试油及原始压力资料 .....	4
四、油、气、水物性资料 .....	4
五、生产记录资料 .....	5
六、油藏动态分析资料 .....	5
第二章 油藏动态分析的主要目的、要求和所需资料 .....	6
第一节 基本概念 .....	6
一、有关油藏的基本概念 .....	6
二、有关油藏动态分析工作的基本概念 .....	6
第二节 油藏动态分析工作具体内容和基本条件 .....	7
一、具体内容 .....	7
二、做好油藏动态分析工作的基本条件 .....	7
第三节 油藏动态分析所需基本资料 .....	7
一、油田地质资料 .....	7
二、油、气、水层流体性质 .....	8
三、油井及注水井的生产历史情况 .....	9
第三章 自喷井的产油原理和基本应用公式 .....	10
第一节 自喷井的油气生产流程 .....	10
第二节 油井产状分析的基本公式 .....	12
一、流体从油层内部流到井底的关系式——径向平面渗流公式 .....	12
二、自喷井油嘴、产量、油压之间的相互关系公式——油嘴产状公式 .....	16
第三节 油嘴产状公式和油嘴变换公式在油井产状分析中的作用 .....	25
一、利用油嘴公式核对一个油区的单井产油量和全区总产量 .....	25
二、利用油嘴公式核对一些出水油井的产量和油气比 .....	28
三、利用油嘴产量变化公式解决油井配产问题 .....	30
四、利用油嘴产量变化公式分析油层工作情况的变化 .....	32
第四节 油嘴公式的一般形式 .....	34
第五节 自喷井液流从井底流到井口的流动公式——垂直管道流公式 .....	34

一、确定不产水、低饱和和压力自喷井油管动压头损失的经验式 .....	35
二、确定低饱和和压力、产油含水自喷井油管动压头损失的经验式 .....	36
本章参考书目 .....	36
<b>第四章 天然水驱和人工注水油藏的统计规律 .....</b>	<b>37</b>
<b>第一节 油藏水驱规律曲线的绘制 .....</b>	<b>37</b>
一、甲型水驱曲线—— $Q_w/Q_o$ 曲线 .....	37
二、乙型水驱曲线—— $F/R$ 曲线 .....	38
<b>第二节 有关甲型和乙型曲线的基本规律 .....</b>	<b>39</b>
一、水驱油藏的储量常数—— $B$ .....	39
二、水驱油藏的采收率常数—— $N$ .....	40
<b>第三节 丙型水驱曲线——<math>Q_{wD}/Q_{oD}</math>曲线 .....</b>	<b>41</b>
<b>第四节 利用三种水驱曲线推出的应用规律 .....</b>	<b>43</b>
一、两个水驱油藏的水驱曲线叠加规律 .....	43
二、水驱曲线直线段出现时间及其中途转折的规律 .....	44
三、水驱油藏含水率随采出程度变化规律 .....	44
四、水驱油藏含水率上升率随含水率的变化规律 .....	45
<b>第五节 水驱油藏开采过程中分段规律 .....</b>	<b>47</b>
一、第一阶段——低含水阶段 ( $f = 0 \sim 25\%$ ) .....	47
二、第二阶段——中含水阶段 ( $f = 25 \sim 75\%$ ) .....	48
三、第三阶段——高含水阶段 ( $f = 75 \sim 90\%$ ) .....	49
四、第四阶段——特高含水阶段 ( $f = 90 \sim 98\%$ ) .....	49
<b>第六节 水驱油藏累计油水产量与地质储量的比例规律 .....</b>	<b>50</b>
<b>第七节 水驱油藏开采过程中产油量的递减规律 .....</b>	<b>52</b>
<b>第八节 水驱曲线和相对渗透率理论的联系 .....</b>	<b>56</b>
一、从相对渗透率公式到水驱曲线关系式 .....	56
二、油藏流体性质和油层岩石性质对最终采收率的影响 .....	57
三、用相对渗透率曲线估算最终采收率的实例 .....	58
<b>第九节 本章小结 .....</b>	<b>60</b>
<b>第五章 油井产状和油藏动态分析实例 .....</b>	<b>61</b>
<b>第一节 一口典型井采单层油井 (CH-6) 的产状的全面分析 .....</b>	<b>61</b>
一、CH-6井基础数据 .....	62
二、采油曲线的初步分析及统计规律 .....	62
三、应用统计方法确定产状指标随时间变化的规律 .....	63
四、应用统计方法确定产状指标随累计产量变化的规律 .....	65
五、CH-6井系统试井结果分析 .....	66
六、利用系统试井成果比较不同的油井开采方案 .....	69
七、根据井口油压推算井底流压和静压的方法 .....	71
八、对油管压头损耗公式进一步分析和应用 .....	73
九、对自喷油井基本公式的综合应用 .....	76
十、利用指示曲线运动规律推算油井各种压力变化的相互关系 .....	82
十一、利用自喷井基本公式直接推导任何两种参数关系 .....	86
十二、各种参数关系式在油井产状分析工作中的应用 .....	88
十三、CH-6井压力恢复曲线解释 .....	88
十四、本井分析小结 .....	92

第二节	应用 CH-6 井产状规律分析它的邻井——CH-45 井的产状和酸化效果 .....	92
一、	两口井油层地质情况的对比 .....	93
二、	两口井开采情况的主要差异 .....	94
三、	“由此及彼”的对比分析方法 .....	94
四、	两口井的分析对比小结 .....	99
第三节	一个高产断块第一口试采井的产状分析 .....	100
一、	T-61 井的基本概况 .....	100
二、	本井的生产特征 .....	101
三、	本井的产状分析 .....	102
四、	压力恢复曲线的分析和解释 .....	106
五、	停喷压力和自喷产油量的估计 .....	110
六、	一口油井开采方案的估算 .....	112
七、	多井开采方案和稀井高产问题的初步探讨 .....	118
八、	结束语 .....	125
第四节	一口低压油层与高压油层合采井的产状分析 .....	126
一、	油井和开采层位的基本情况 .....	126
二、	油井开采简史 .....	129
三、	分层叠加法的原理说明 .....	131
四、	S-141 井油水层的模拟假设及其曲线规律表现模拟的基本假设 .....	132
五、	应用模拟规律和关系式进行油井产状分析 .....	136
六、	分析结果小结 .....	141
七、	有关油、水层静压差异的实际资料说明 .....	142
八、	用数学分析法对产状变化趋势进行分析研究 .....	143
九、	1974 年 1 月以后的产状变化 .....	146
第五节	一口高压油层与低压水层合采井的产状分析 .....	146
一、	油井投产后的基本情况 .....	147
二、	应用“油层叠加法”分析油井产状 .....	152
三、	产状分析小结 .....	159
第六节	一口在天然水驱条件下油水同层生产井的产状分析 .....	159
一、	Y-143 井的产状特征 .....	159
二、	Y-143 井生产简史 .....	161
三、	油井未来产状预测 .....	164
四、	本井控制储量和相对渗透率的探索 .....	167
五、	其它统计方法的应用和结果 .....	171
六、	改变油嘴后的产状预测方法 .....	173
七、	本井产状分析小结 .....	175
第七节	在人工注水条件下油水同层生产井的产状分析 .....	176
一、	D 油田小井距试验 511 井组的产状特征 .....	176
二、	511 井无水期及低含水期产状分析 .....	177
三、	压力恢复曲线分析 .....	180
四、	511 井模拟相对渗透率曲线的绘制过程 .....	184
五、	利用相对渗透率曲线估算含水率随采出程度上升的规律 .....	186
六、	油井产状分析工作中的“由此及彼” .....	187
七、	含水率公式的进一步推导和应用 .....	188

八、511井产状分析工作小结 .....	181
第八节 对一口井的水驱动态曲线进行分析并预测产状指标(Y-1井) .....	192
一、Y1井的油层地质状况 .....	192
二、油层及流体性质 .....	192
三、油井生产简史 .....	193
四、水驱油藏动态曲线的应用说明 .....	193
五、Y-1井水驱动态曲线绘制程序说明 .....	194
六、对Y-1井水驱动态曲线进行一般分析结果 .....	195
七、利用Y-1井的F/R曲线推算一系列生产指标的方法 .....	197
八、Y-1井不同开采方案的产状预测 .....	197
九、Y-1井产状分析小结 .....	200
第九节 一口抽油井(Y-31井)封隔水层前后的产状分析 .....	201
一、Y-31井地质简况 .....	201
二、Y-31井开采简史 .....	201
三、Y-31井主要产油层( $S_2^0$ )的开采动态分析 .....	204
四、Y-31井产状分析工作小结 .....	209
第十节 一口双管分采井(Y-8-2井)发生串流情况的产状分析 .....	209
一、井的生产简况 .....	209
二、油层地质及完井情况 .....	210
三、三层合采阶段的层间干扰 .....	211
四、“沙-豆”层和“沙-针”层的原始饱和压力和原始油气比 .....	215
五、“沙-豆”层产状曲线分析 .....	216
六、“沙-针”层产状曲线分析 .....	223
七、“沙-豆”和“沙-针”层在分采期间的串通事件 .....	226
八、“沙-豆”层和“沙-针”层产油含水问题 .....	227
九、本井产状分析小结 .....	227
第十一节 一口在溶解气驱状态下自喷油井的产状分析(G5-9井) .....	228
一、完井及地质简况 .....	228
二、井的生产特征 .....	229
三、各种产状指标的规律分析 .....	229
四、本井开采过程中几个重点问题的分析 .....	241
第十二节 一个大型高产、底水驱动的巨厚灰岩油藏动态分析 .....	245
一、油藏的主要特征 .....	245
二、油藏主要地质资料和数据 .....	245
三、油井产状分析 .....	246
四、油藏原始压力及其在试采过程中的变化趋势 .....	261
五、Z油田水驱动态模拟分析 .....	267
六、Z油田生产井“底水锥进”问题初步探讨 .....	276
七、Z油田有关开发方案的几个重点问题 .....	288
八、Z油田试采阶段动态分析小结 .....	296
第十三节 一个典型注水开发油藏的动态分析(达拉特油田) .....	297
一、油藏地质简况 .....	297
二、油藏开发简史及其特征 .....	298
三、油藏水驱动态分析和预测 .....	301



四、油田开发模式分析 .....	304
五、分析小结 .....	307
第十四节 一个强烈天然水驱油藏的动态分析——S油田 S-1段西部油藏动态分析 .....	308
一、油藏和油井动态分析的主要内容 .....	308
二、油藏概况 .....	308
三、主要产油层油气性质特征 .....	309
四、油藏开采历史概况 .....	313
五、油井生产状况和特征分析 .....	316
六、油井和油藏井底压力的变化 .....	320
七、油井产水和边水推进情况 .....	322
八、油藏驱动类型和动态分析 .....	325
九、对生产中出现矛盾的分析 .....	327
十、内部注水方案初步研究 .....	328
十一、事后推断的理想人工注水方案 .....	331
十二、油藏动态分析小结 .....	331
第十五节 一个注水开发的大型礁岩油藏的开发动态分析（美国克利-斯耐德油田） .....	333
一、油田地质情况 .....	333
二、油田开发简史 .....	334
三、注水方案的分析和确定 .....	335
四、沿长轴注水开发动态分析 .....	337
五、注水驱油的效果分析 .....	340
六、进一步提高采收率的考虑 .....	341
七、油藏动态分析小结 .....	345
本章参考书目 .....	345

# 第一章 油井产状分析的目的及所需资料

## 第一节 油井在油田开发中的作用

二十世纪七十年代初期，全世界已开发的油田数以万计，天然石油的年产量接近三十亿吨。这样大量的石油基本上全部是从大约六十五万口左右的油井中生产出来的。不言而喻，油井在油田开发工作中的主要作用就是作为采出地下原油的通道。任何一个油田，只有在钻成一定数量的生产井后，才算是投入开发。因此，有一定数量的产油井是已开发油田的一个主要标志。

随着油田开发和开采工作的发展，油井除了作为石油采出的通道而外，逐渐起了更多的作用，其中最突出的有下述两项。

### 一、提供油井产状和油藏动态分析所必需的资料

尽管石油开采工业已经有了一百多年的历史，但是直到最近，很多油田在投入开发时，对它的生产特征和规律的认识程度还是很差的，有待于在油田的开采实践中不断地提高和深化。为此，从油田的第一口井试油开始，油田开发人员必须充分利用每一口油井取得一整套的地质和技术资料。对这些资料进行系统分析和研究后，才能逐步认识油藏和油井的生产规律，然后进一步利用这些规律来指导开采工作，以获得最好的油田开发效果。

从产油井取得的主要资料有以下几类：

1. 开采过程中井口、井底和油层内部的压力变化；
2. 在一定的工作制度下，井内产出各种流体数量的变化；
3. 井内产出各种流体物理化学性质随时间的变化；
4. 开采过程中油层物理性质的变化；
5. 井底到井口技术状况的变化。

在取全取准上述各项资料并进行分析研究以后，采油人员便有可能进行以下几项工作：

1. 分析油井和油藏的生产状况是否正常；
2. 及时解释油井生产状况出现变化的原因；
3. 对油井的生产能力作出评价，根据生产计划的需要，合理地对油井进行配产和调整；
4. 预测油井和油藏在未来期间的产状和动态变化；
5. 提出油井生产状况的措施。

需要注意的是，虽然一般油田管理人员都能理解利用油井取得各项资料的重要性，但在实际工作中常常忽视了必要的取资料工作。基本原因还是由于对取资料的重要意义认识不足，有时会发生原油生产任务和取资料任务互相矛盾的情况，结果常常影响到资料的取全取准，这是非常不合理的。

应该认识到，在完成原油生产任务的同时，必须同时保证取全取准各项能够取得的必要资料，才能指导下一步的采油工作，开发好油田。不然就会给油田的后期开发工作带来损

失，而这种损失有时是相当严重的。

## 二、利用油井改造油层，提高开采效率

到目前为止，对全世界已开发的油田来说，应用目前的采油技术和工艺所能达到的最终采收率平均值一般不超过油层原始储量的40~50%，这就是说，在已报废的油田里，地下还有50~60%的原油不能采出。这一数字显然是十分不能令人满意的，特别在全世界感到能源高度缺乏时尤其如此。

二十世纪的四十年代到五十年代期间，曾经广泛地采用注水采油的技术，显著地把采收率的水平提高一步。五十年代以来，在提高采收率方面，又有新的突破并取得显著效果，其中主要的有以下几方面：

1. 地层水力压裂工艺在改造低渗透油层方面打开了新的领域，从一些原来没有工业价值的油藏里采出了有工业价值的原油，使全世界的原油可采储量及产量都有所增加；

2. 火烧油层和注蒸气等热力驱油已开始提到日程上来，为开采重质原油打开了道路，在很多油田里已推广应用；

3. 向油层内注入各种化学溶剂提高了注水波及系数和洗油效率，已经证明能够显著地提高油田的最终采收率；

4. 新的油井酸化和井底爆炸工艺能够显著地提高油井的生产能力。

所有上述的各种工艺技术都必须通过井来进行，在绝大多数情况下都要利用已有的生产井，进行措施后的效果也必须通过井表现出来。

在上面说明了油井在油田开发工作中的多种作用，而油井产状分析的一个目的就是为了使它能充分地发挥这些作用。

## 第二节 油井产状分析的主要目的和具体要求

### 一、主要目的

#### 1. 为合理开发油藏服务

从长远的观点来说，油井产状分析是为全面的油藏开发工作服务的。每一口油井反映出部分油藏的生产状况，把全部油井的产状分析结果综合起来，就可以反映出全油藏的动态，通过它就可以掌握全部油藏在开采过程中的变化和规律，因而达到合理开发油田的目的。例如，利用每一口井测得一定时期内的地层压力，就可以编制出该时期内全油藏的压力分布状况；对比不同时期的油藏压力分布状况，便可以推断出油藏能力的消耗程度。

通过油井产状分析还可以摸清每一口井和全油藏的关系，通过对井的控制可以控制油藏的开发机理。例如，在一个天然水驱的油藏中，如能掌握油井和边水前缘的相对位置，便有可能通过控制井的压力和产量来控制边水的推进速度，借以提高油藏的水驱效率。

#### 2. 为更好地完成原油生产计划服务

从经常的油田管理工作来说，油井产状分析是为了保证完成原油生产计划。通过油井产状分析，采油人员可以掌握油井的生产能力，充分利用油井的生产潜力，制定合理的油井配产方案。

通过油井产状分析还可以预测油井的未来产状变化，及时提出有效的措施以改善油井的

生产状况，例如，当油井含水率上升时，及时提出降低含水率的工艺措施或提出安装大排量深井泵的时间和规格。

## 二、具体要求

1. 收集每一口井的全部地质和技术资料，按照一定的规格编制成简单扼要的井史图表。根据油井的生产报表绘制成采油曲线。在上述资料的基础上进行去粗取精、去伪存真的工作；

2. 分析油井各项生产指标彼此之间的相互关系，例如产量和生产压差之间的关系、油气比和地层压力的关系等。找出它们之间的内在联系和规律。分析这些指标渐变或突变的原因，通过井的变化推断油藏内部的变化，达到由表及里、由此及彼的目的；

3. 根据目前井的生产情况，结合全油藏的情况对井的生产潜力作出评价。推断在不同生产制度下油井的生产情况，以此作为油井配产的依据；

4. 在一定假设条件下，预测油井未来期间（一年到数年）的生产状况；

5. 通过油井的产状和试井资料推断本井周围的油层地质情况，例如可能存在的断层及其距离，油层渗透率的高低等；

6. 根据井的生产特征推断油藏驱动能力的类型及其大小，判断人工注水注气的必要性和可能获得的效果；

7. 提供油藏动态分析工作所需各项资料，如地层压力变化，边水推进情况、油层内部气化程度等。

## 第三节 油井产状分析所需要的基础资料

油井产状分析既是油藏动态分析工作的基础，也是做好油田开采工作的重要手段。一口油井的产状变化有时是非常复杂的，它受到很多因素的影响。为了要深入细致地分析一口井的产状，并且进一步把它和整个油藏的动态联系起来，工作人员常常感到需要的资料范围很广。举一个例来说明，当一口井的产油能力突然发生变化时，就要求通过油井产状分析找出原因，然后才能采取有效措施。影响油井生产能力的因素是多种多样的。既可能是由于井筒内发生了变化（如油管结蜡）；也可能是由于井底完善程度起了变化（如井底部分砂堵）；此外还可能是由于油藏内部发生变化（如注水井停注）而引起的。要解决这样的问题，不但要占有大量的本井的资料，还需要联系到全油藏的各种资料。可以说，油井产状分析可能达到的深度和细度，在很大程度上取决于所占有的资料的完整程度。因此，在进行油井产状分析工作以前，必须系统地积累大量基础资料，并把它们分类整理，制成便于使用的图表。一般说来，这些资料绝大部分都属于井史资料范围，如果油田地质部门能够及时地整理出又全又准的井史资料，这就具备了搞好油井产状分析的基本条件。此外再把必要的有关全油藏的资料取全取准，加以系统整理，油井产状分析的全部条件就具备了。

下面列举油井产状分析所必需的各项资料：

### 一、基础井史资料

1. 井号——如果这口井的井号曾经改变过，要求列举过去曾用过的不同井号，以免使用旧资料时遇到困难；

2. 开采层位及投产日期——对于多油层的油井，要求了解本井过去曾采过的油层和目前正在开采的油层；

3. 开采层位深度及海拔高度——如果油井所开采的是不厚的单层，一般情况下，只要有油层厚度及中部深度和海拔就可以；如果开采的是多层的或大厚层油藏，则需要比较详细的分层深度资料，最好附带有电测曲线的油层和井底结构剖面图；

4. 打开油层的方法及记录——主要是射孔规格，曾经补孔的井要说明补孔后生产状况；

5. 必要的附图——开采层井位及构造图、开采层剖面图和井身结构图等。

## 二、开采层的性质和参数资料

1. 开采层岩石性质描述——指的是岩石性质及特征。如有岩心资料要求有详细说明；

2. 开采层的厚度——要求说明开采层系的总厚度及其在邻井周围变化情况。分别说明砂层厚度和有效厚度，最好说明确定这几种厚度的方法依据；

3. 油层有效孔隙度——说明测定方法；

4. 油层渗透率——说明是哪一种渗透率（空气的或有效的）和测定方法；

5. 油层原始油水饱和度——说明测定方法；

6. 必要的附图——本井油层部分电测图，岩心分析剖面图等。

## 三、试油及原始压力资料

1. 开采层原始油层中部压力——指的是油层的原始压力，如果本井投产较晚，一般不可能测得这一压力。在这种情况下要说明实际测定这一压力的井号、开采层位和测压时间。要求分别列出油层中部压力和折算到基准面的数值；

2. 本井投产后初测压力——分别列出油层中部压力和基准面压力，与油层原始压力对比并说明其差异；

3. 初期试油成果——列表说明试油时间、油嘴尺寸、日产油量和产水量、油压、套压、静压、油气比、原油性质、含砂量等等；

4. 压力恢复曲线及解释资料；

5. 投产前后曾进行的增产措施记录摘要；

6. 必要的附图——油藏试油成果图、油藏等压图等。

## 四、油、气、水物性资料

1. 产油层的原始饱和压力——说明资料来源、取样及试验条件，对可靠程度给予评价；

2. 原始油气比——以高压物性分析资料为主，对比投产初期的生产记录，对资料的可靠性做出评价；

3. 地层原油粘度——说明资料来源。对低饱和油层要说明是原始压力下的还是饱和压力下的粘度；

4. 原始地层体积系数——说明资料来源；

5. 原始地层原油弹性系数——说明资料来源；

6. 原始地面原油物理性质——包括比重、粘度、含蜡量、凝固点等等，说明必要的试验条件如温度等；

7. 天然气的性质——包括比重、重要组分等，说明取样来源及可靠程度；

8. 地层水性质——包括水的化学类型、含盐量等，说明取样来源及其代表性；
9. 必要的附图，如高压物性试验曲线等。

### 五、生产记录资料

1. 分月生产记录——每月有代表性的油嘴、生产天数、日产量油气比、含水率、油压、套压、流压、静压、油气分析。抽油井包括泵的规格，工作制度及液面和示功图测试资料；
2. 测压资料——包括压力恢复曲线及解释资料、井间压力干扰试验资料；
3. 井下作业记录摘要；
4. 系统试井记录资料；
5. 分层测试资料；
6. 必要附图——油层分阶段等压图、油层分阶段开采图、本井和邻井的采油曲线图、与本井有关的注水井注水曲线图。

### 六、油藏动态分析资料

包括供油面积、控制储量以及有关驱油动力的各项资料，详细内容将在下章中加以说明。

上面详细地列举了进行油井产状分析所需要的大量资料，其中包括了有关本井的各项档案资料。现在再列出一个为了进行一般分析工作所需要的一张简表实例如下：

油井产状分析基础资料简表实例

1	井号	B-101	14	油层原始压力(基准面), 巴	195
2	投产时间	1973年6月	15	基准面海拔, 米	-2000
3	开采层位	S-1 <sup>2</sup>	16	本井初测压力(基准面), 巴	185
4	油层深度, 米	1900~1940	17	油层中部静止温度, °C	80
5	油层中部海拔, 米	-1905	18	地面原油比重	0.897
6	完井方法	射孔	19	天然气比重 (空气=1)	0.725
7	采油方法	自喷	20	地面原油粘度, 厘泊	25(50°C)
8	油层套管, 规格/深度	5英寸/2000米	21	原始饱和压力, 巴	140
9	油管, 规格/深度	2英寸/1800米	22	原始油气比, 米 <sup>3</sup> /吨	60
10	油层岩性	生物灰岩	23	地层原油比重	0.81
11	有效厚度, 米	25米	24	地层原油粘度, 厘泊	3.5
12	平均孔隙度, %	18.5	25	地层体积系数	1.21
13	平均渗透率, 达西	1.5	26	地层原油弹性系数, 1/巴	9×10 <sup>-8</sup>

## 第二章 油藏动态分析的主要目的、 要求和所需资料

### 第一节 基本概念

#### 一、有关油藏的基本概念

一个油田的地下，在不同区域和不同深度情况下，常常埋藏着很多个油藏。每一个油藏是由一部分互相连通的含油地层构成的，可以把它看作是一个独立的地下储油容器。在这一容器内，有效的储油孔隙基本上都互相连通，油、气、水可以在这些孔隙中居留或流动。有的油藏和气层和水层连通，可能延伸很远的距离。各个油藏之间在未钻井以前，它们彼此之间基本上是互不连通的。从地下水动力学的观点看来，每一个油藏都可以看作是一个独立的水动力学系统。同一油藏内，在原始状态下，各点的压力折算到海拔为一定数值的基准面以后都是一致的。既然各点之间的压力没有差别，它们之间就不会有流体流动，这时油藏处于原始静止状态。当一个油藏有几口采油井和注水井同时生产时，由于这些井在油层内部都是彼此连通的，它们的产量和压力都会互相影响。因此在油田开发过程中，必须把一个整体油藏作为开发对象。进行油藏动态分析时必须全面考虑。

在个别情况下，一个大油田也可能是由一个油藏构成的，美国的东得克萨斯油田就接近这种情况。中东有些大油田也是如此。在大多数情况下，一个大型油田常常有几个，甚至多达几十个油藏。在这种油田里，经过大量钻井以后，原来互不相通的一些油藏可能通过油井而彼此沟通起来，这样就大大增加了油田开发工作的复杂性。

有很小的油藏，也有很大的油藏。小的面积不到一平方公里，有效的油层厚度不到一米；大的面积能达到一千平方公里以上，油层有效厚度可达几十米甚至几百米。有的油藏是封闭性的，有的则和广大的水层连通，甚至延伸到地表面上来。油藏的形状多是不规则的，具有各种各样的形状。

#### 二、有关油藏动态分析工作的基本概念

所谓油藏动态指的是，在油藏开采过程中，其中的流体由原始的静止状态转变为运动状态以后，油藏内部很多因素的变化状况。这些因素的变化，在一定程度上都会影响油井和油田的生产状况。其中主要的有：油藏内部油、气储量的变化、油藏各分区压力和平均地层压力的变化、油藏内部驱油能力的变化、油藏内部油、气、水分布状况的变化等等。油藏动态分析人员的任务便是经常观察和研究这些变化，找出各种变化之间相互关系以及它们对生产的影响，作为制定开发政策和编制计划的依据。在分析工作中需要进行大量的“去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼”的工作；通过分析来解释现象、认识本质、发现规律、解决生产问题。总的说来，油藏动态分析的目的在于：分析一个油藏在开发过程中的各种变化，把多种现象有机地联系起来，反映出油藏内部流体的全面运动规律。在这一基础上，充分发挥人的主观能动性，采取措施，提高采收率，达到多快好省地开发油田的目的。

## 第二节 油藏动态分析工作具体内容和基本条件

### 一、具体内容

在油田试采期间主要工作内容如下：

1. 核实全油田各油藏的地质储量和驱动类型，为编制合理的开发方案提供依据；
2. 核实各油藏分区分层的地质特征和水动力学参数，为油藏水动力学计算及模拟试验工作提供必要的数据库；
3. 通过注水注气试验区的试验工作对未来期间注水注气的可能性和必要性做出评价，并提供必要数据。

在油田正式开采阶段主要工作内容如下：

4. 通过油田生产实况不断加深对油藏的认识，核实、补充各项基础资料和参数，进一步落实地质储量；
5. 查明分阶段分区分层油藏内部油、水、气饱和度及地层压力的变化，查明油、气、水在油层内部运动状况，为油田开发方案的修正工作提供资料；
6. 分析各油藏影响最终采收率的因素，落实油藏的可采储量；
7. 预测未来期间各油藏在不同开采条件下的生产状况和开发效果，提出进一步提高油藏最终采收率的合理措施。
8. 定期和不定期地编制油藏动态分析的研究报告，指导油田的生产管理、工艺措施和计划工作。

### 二、做好油藏动态分析工作的基本条件

1. 根据一个油藏的具体大小和复杂程度，必须钻一定数量的井，这些井的位置要分布适宜，既能反映出油藏的确实范围、边界状况，还要能反映出油藏内部主要性质的变异程度。从油藏动态分析工作的角度来看，每一口井在提供油藏动态数据方面的作用，并不次于它提供油、气产量的重要性；
2. 一个油藏从钻第一口探井开始，就要求按照规定取得必要的各项资料，特别重要的是带有原始意义的数据如原始油层压力，原始油层流体的高压物性等等；
3. 在油田试采和正式开采期间，必须定期按规定取全取准各项数据资料，经过去粗取精、去伪存真，编制成系统的档案资料。

## 第三节 油藏动态分析所需基本资料

### 一、油田地质资料

#### 1. 油田构造

用地质构造图和简要的说明表示主要产油层的空间分布状况、埋藏深度、断层位置及类型、经过井斜校正的井位等等。

#### 2. 油层有效厚度



用表列出各油层的单井砂层厚度及有效厚度，说明确定有效厚度的依据；在可能情况下，绘制分层的等有效厚度图并求得平均值；此外还可以通过剖面图和栅状图来表示有效厚度的区域变化。

### 3. 油水接触面和油气接触面的位置

用地质构造图和地层剖面图表示出原始的边水和含油带的界面位置、气顶的边缘位置和它们的海拔高度，并简要说明确定上述位置的依据，此外利用生产阶段所绘制的各种图幅表示在开采过程中这些界面的运动状况。

### 4. 油层原始压力

用表列举能来说明各油层原始压力数值的分井测压资料，注明哪些井的资料是估算出来的；算出折算到一个基准面海拔高度的原始压力值；如果分区分层的数值有显著差异，应分别计算；对原始压力数值的可靠性做出评价。

### 5. 油层物理资料

(1) 岩心分析资料——包括用油层岩心在试验室内测定的整套数据，包括孔隙度、渗透率、油水饱和度等基础资料，注明分析时所用方法；此外还有毛细管压力曲线、岩石孔径分布曲线、有效渗透率曲线、砂粒分选曲线等等，上述各项资料在可能情况下用表列出分井数据，并用图表示区域分布状况，有一部分资料求出各层的全区或分区块的平均值；

(2) 测井解释资料——包括用各种录井方法测得的各种油层物理资料，如孔隙度、渗透率、油水饱和度、真电阻率、油层压力、油层温度、地层倾角、泥质含量等等，这些资料表示的方式同(1)，此外还要做出有代表性的综合录井曲线和解释成果；

(3) 生产试井资料——包括用系统试井资料和压力恢复曲线试井资料算出的有关油层物理资料，如孔隙度、渗透率、井底完善程度等。

值得注意的是，在很多情况下，由上述三个不同途径所取得的同一项油层物理资料，例如孔隙度、渗透率有时可能发现在同一口井有很大差异，这是不足为怪的。因为不同方法所测得的资料，在其物理意义上并不完全一致，例如岩心资料一般代表井壁附近很小范围；而录井资料代表测井时电流所能影响的较广大的范围；生产试井资料则代表的是一口井供油面积区域。利用这些差异正好进行各种研究。

### 6. 有关油层连通性和不均质性的资料

这类资料一般是利用前述各种资料综合分析的结果，例如通过地质资料和注水注气情况判断的断层分隔状况；根据试井和测压资料判断的油层产油能力的差异等等；特别有效的方法是通过压力恢复曲线试井和干扰试验判断的断层封隔、地层尖灭和油层不均质的状况。

## 二、油、气、水层流体性质

### 1. 脱气原油的试验室分析资料

- (1) 原油在标准压力和温度条件下的比重；
- (2) 原油在几种规定温度下的馏分；
- (3) 原油在标准温度下和地层温度下的绝对粘度；
- (4) 原油的含蜡量和含硫量；
- (5) 原油的凝固点。

### 2. 气顶气和伴生气的试验室分析资料

- (1) 天然气的比重（空气为1.0）；