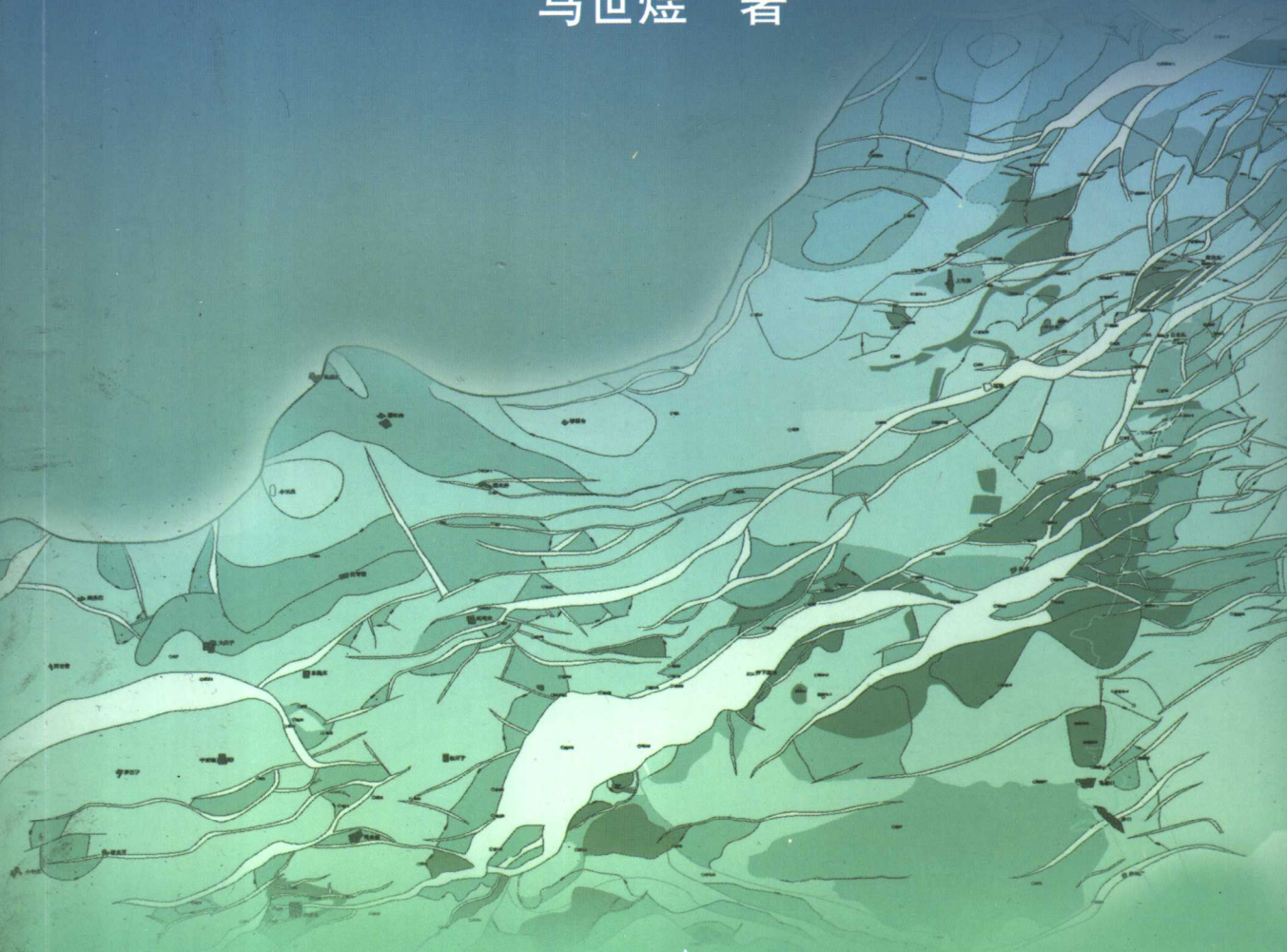


黄骅坳陷

断块油田开发

马世煜 著



石油工业出版社

黄骅坳陷断块油田开发

马世煜 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是作者在大港油田从事油田开发工作 32 年的系统总结,集中反映了作者在认识油气藏,开发油气藏过程中所取得的成就和经验,也是大港油田 32 年开发实践的历史性回顾。由于书中主要内容是著于不同历史时期,为了真实体现这些历史,书中对于日期及历史性数据未作改动。

本书内容详实,且忠实历史,对于断块油田今后的开发实践有重要的指导意义。适于从事断块油气藏开发的科研技术人员、相关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄骅坳陷断块油田开发/马世煜著.

北京:石油工业出版社,2007.9

ISBN 978-7-5021-6237-5

I. 黄…

II. 马…

III. 坳陷-断层油气藏-油田开发-研究-黄骅市

IV. TE346

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 134163 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523680 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:23.5

字数:600 千字 印数:1—1500 册

定价:80.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

大港油田于 1964 年发现, 1969 年港东一区投入开发, 到 1985 年陆地部分的油田规模基本定型。由于断块油田与构造油田有其特殊性, 表现在储层的分布受断层控制, 各断块油气水分布、流体的性质、天然能量大小等各有不同。这一特点决定了油田在开发过程中各个时期的工作重点和工作内容也是不同的。在投入开发的初期, 为确定油田的生产规模和开发方式, 研究重点是解决断层的大小和分布。油田全面投入注水开发后, 研究重点是砂体的分布, 以进行注采系统的完善与提高。对于那些长期注采不正常, 生产能力发挥不好的油田和地区, 研究重点是解决注水有效驱替的问题。当油田进入中高含水期后, 就要做研究和解决剩余油分布, 如何增加水驱波及体积和提高开发效果等工作, 本书记述了这一过程。

对于断块油田来说, 在一、二次采油阶段, 基本上是按照这一步骤和程序进行的。由于断块油田本身的复杂性和各个时期所掌握的技术手段不同, 因此, 对地下的认识也是在逐步深化, 使这一开发步骤和程序也在不断地重复着。每重复一次都会使二次采油的采收率有所提高, 其提高的幅度与科学技术的发展、工艺技术的适应性和配套性密切相关。当这一重复没有经济效益时, 再开展的就是以提高驱油效率为主的三次采油。本书主要论述的是断块油田开发过程中前期的一些做法、认识和采用的方法, 以及三次采油。本书共分六部分。第一部分主要介绍油层中流体的特性及特征, 它是认识油藏、开发油藏的一项基础性的工作。第二、三部分主要介绍了油气田在开发过程中, 如何用已取得资料来分析油田, 并用它来指导开发油田的工作, 使其更科学化、更贴近油田实际。第四部分主要介绍了在开发过程中, 通过对不同类型的油藏不断的摸索和探索, 使部分油田或开发区成为高效油田。第五部分主要介绍大港油田在 1995 年以前不同开发阶段的开发形势、所做的工作及效果、存在的问题和工作安排, 并总结已经取得的一些经验和认识。第六部分主要介绍油藏和凝析油气藏提高采收率的途径、室内实验、现场实施及推广过程中所做的工作, 特别是在聚合物驱方面, 港西四区在全国第一次现场原开发井网获得突破, 也是第一次用以碳源为营养剂的外源微生物驱。

需要指出的是, 本书所论述的内容有些是油田开发的基础工作, 有些是成功实例, 有些是初步取得的突破性进展。油田现场仍有很多开发问题需要不断的探索 and 解决, 希望本书能使后者了解过去, 使黄骅坳陷各类油藏都达到较好的开发指标。

受作者水平所限, 疏漏之处在所难免, 敬请读者批评指正。

马世煜
2007 年 1 月

目 录

第一部分 地层油气特征研究	(1)
1.1 北大港油田地层原油物性参数的计算方法	(1)
1.2 测压资料在断块油田勘探开发中的应用	(5)
1.3 异常压力地区孔隙流体压力与含油气富集程度的关系.....	(12)
1.4 板桥油气藏类型及流体相态特征.....	(18)
1.5 枣园油田原油的流变性 & 渗流特征研究.....	(22)
第二部分 编制开发方案及规划时, 几项参数确定的思路和方法	(26)
2.1 大港油田计算水驱油效率过程中几个参数的确定方法.....	(26)
2.2 提高大港油田水驱采收率的方法和途径的初步研究.....	(29)
2.3 编制新区开发规划时, 油井产能计算应考虑的几个问题.....	(39)
2.4 编制新区开发方案时, 油井见水时间及水驱采收率的计算.....	(42)
第三部分 油田开发过程中开发方法及技术的应用	(46)
3.1 大港油田提高排液量的初步研究.....	(46)
3.2 黄骅坳陷高产油气田的地质条件.....	(56)
3.3 在已注水开发区内如何寻找高产井.....	(58)
3.4 在油田水区内注水有效性研究.....	(61)
3.5 油水井调剖的地质条件工艺设计及其效果评价方法.....	(64)
3.6 提高电动潜油泵生产效益的做法和认识.....	(67)
3.7 凝析油气藏的地质研究.....	(71)
3.8 注水开发油田确定分层开发动态的计算方法.....	(75)
第四部分 几种特殊类型油田的开发实践	(81)
4.1 王徐庄生物灰岩油藏的开发.....	(81)
4.2 港东开发区断块油藏注水开发分析及“五五规划”	(91)
4.3 边底水油藏提高开发效果的主要做法和认识	(108)
4.4 羊三木油田稠油开采实现高产稳产的做法和认识	(115)
4.5 马西深层低渗透油藏开发实践	(122)
4.6 港东复杂断块油藏的开发	(130)
4.7 枣园油田枣Ⅱ油组高凝高黏原油的开发	(140)
4.8 枣园油田改善开发效果的研究	(148)
4.9 板桥凝析油气田配套技术研究与实施	(170)
4.10 海4井油藏生产能力初步分析.....	(187)
第五部分 大港油田不同开发阶段的做法和认识	(197)
5.1 大港油田1973年开发分析及油田稳产措施意见.....	(197)
5.2 认真总结油田开发经验, 提高油田开发水平	(211)
5.3 大港油田注水开发的做法和体会	(223)

5.4	大港断块油田注水开发综合调整效果	(231)
5.5	大港油田综合调整效果分析及下步安排意见	(237)
5.6	大港油田 1980~1985 年老区开发规划	(250)
5.7	大港油田开发形势及 1991 年开发生产安排	(255)
5.8	总结经验, 加快发展创大港油田开发的新水平	(272)
5.9	南北大港新近系油田开发的历程和认识	(279)
第六部分	提高油气采收率的研究与现场试验及推广	(314)
6.1	提高板桥凝析油气藏采收率研究	(314)
6.2	大张坨凝析气藏循环注气开发	(319)
6.3	北大港油田港西四区聚合物驱矿场试验成果分析	(325)
6.4	大港油田三次采油的工作安排及建议	(330)
6.5	大港油田聚合物驱矿场试验效果分析	(333)
6.6	特高含水油藏微生物驱油矿场试验	(348)
6.7	微生物采油技术的现场应用	(354)
后记		(367)
参考文献		(368)

第一部分 地层油气特征研究

1.1 北大港油田地层原油物性参数的计算方法

地层原油物性参数是认识油田和开发好油田的重要参数之一。为了取得该项资料,要求油井有严格的取样条件,室内分析要求有精密的仪器和较繁杂的操作流程,这些限制决定了不可能在油田上所有油井内都进行深井取样和原油高压物理性质的分析化验工作。因此,如何利用已取得的原油高压物理性质的数据找出和脱气原油物理性质数据之间的关系,并根据这些关系把易取得的、分析简便的、而且是大量的脱气原油物性参数计算或换算成高温、高压下的原油物理性质的参数是很重要的。本文就地层原油物性中的四项主要参数,即:饱和压力、原油溶解度、体积系数、地层原油黏度的计算和换算方法介绍如下。

一、油藏饱和压力的变化规律和计算方法

油藏饱和压力是决定油田开发界限的主要参数之一,也是判断地层原油物性参数是否准确的重要标志之一。因此,准确确定这项参数并找出其变化规律,对确定其他各项参数具有非常重要的意义。根据北大港油田已取得的近百口井的资料分析,其特点和规律如下。

(一) 油层饱和压力低于地层原始压力

根据北大港油田明化镇组和馆陶组油层饱和压力可看出,两组油层的饱和压力均低于油层的原始地层压力。另外从油井生产过程中的变化特点也反映出这一特点,如连续生产并系统测量地层压力的油井,在绘制的随累计采油量增加而地层压力逐渐下降的变化关系曲线中可看出:地层压力的降低有一个突然变缓的点,在油井驱动方式和供油范围未变动的情况下,该点即是油层的饱和压力值。这一突变点的压力低于原始地层压力,见图 1-1-1 及表 1-1-1。

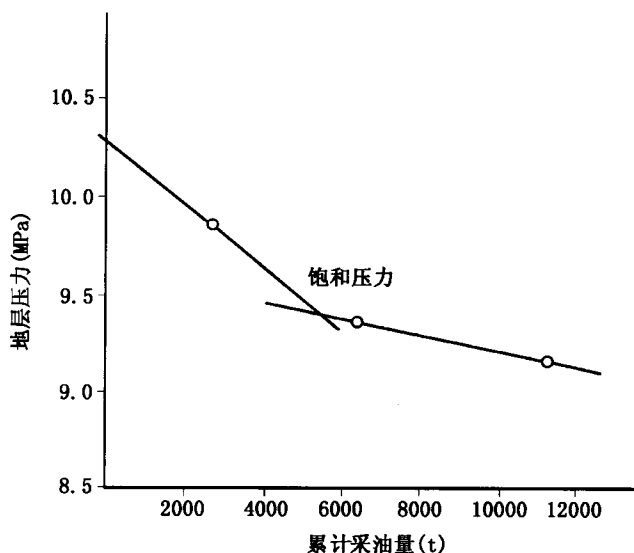


图 1-1-1 港西开发区港 3 井地层压力与累计产油量关系

由表 1-1-1 可看出,无论从深井取样所分析的饱和压力或油井生产过程中所反映出的饱和压力均低于原始地层压力。

(二) 地层原油溶气的饱和程度高

地层原油溶气的饱和程度指饱和压力占原始地层压力的百分数。由于各断块及各断块内的各油层组内油、气、水性质的差异,因此地层原油溶气的饱和度不同。根据计算和统计:明化镇组港东开发区一般为 89%,港西开发区一般为 93%;而馆陶组为 85%~94%。总地

来看，北大港油田属于高饱和油藏。

表 1-1-1 地层压力与累计产油量关系

井 号	生产井段 (m)	层 位	原始地层压力 (MPa)	饱和压力 (MPa)	
				室内分析	现场统计
港 3	1008.0~1057.6	明化镇组	10.3	8.8	9.4
港 11	1533.8~1618.4	明化镇组	15.4	13.8	14.1
港 18	2047.4~2117.0	馆陶组	21.0	19.6	19.5

(三) 饱和压力随油藏埋藏深度的增加而增加

根据大量测压资料分析可知，新近系油藏基本上属于一个压力系统，各断块、各油层组压力是平衡的，同样在一个较长的时间内油藏内的油气相态也应是平衡的。由于原始地层压力随油藏埋藏深度的增加而增加，因此，油藏的饱和压力也应呈这种关系。经整理可看出，各开发区各层组原油的饱和压力随油藏埋藏深度的增加而增加；原始地层压力与饱和压力相差的绝对值随油层埋藏深度的增加而变大（图 1-1-2）。

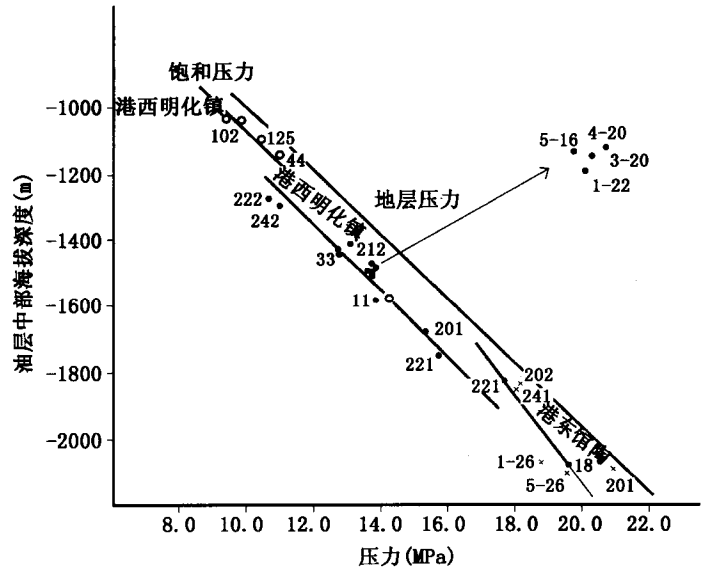


图 1-1-2 饱和压力与油层中部深度关系

按照上述关系，分别列出各开发区不同层组饱和压力的计算公式：

明化镇组：港东开发区 $p_b = 0.00968H - 0.91$ (1)

港西开发区 $p_b = 0.00975H - 0.32$ (2)

馆陶组：港东开发区 $p_b = 0.00717H + 4.77$ (3)

港西开发区 $p_b = 0.01H - 1.29$ (4)

式中 p_b ——饱和压力，MPa；
 H ——油层中部深度，m。

二、原油溶解度的计算

(一) 影响原油溶解度大小的因素

天然气在原油中溶解度的大小取决于三个方面的因素：即压力、温度、天然气和原油的组分。对任何温度和压力来说，当天然气和原油的组分彼此愈接近时，溶解气的数量就愈大。这就是说，对于低密度的原油和高密度的天然气，溶解度就要大一些，反之则小一些。因此，在单位压力下，当温度变化不大时，在一个地区内，反映原油组分和溶气量多少的关系可用原油密度和溶解系数来表示。它们之间的变化关系是：原油密度愈大，溶解系数愈

小，反之则大（图 1-1-3）。

根据统计资料可得出脱气原油密度与溶解系数之间的关系式：

$$S = 43.1 - 43.75\rho_o \quad (5)$$

式中 S ——天然气在原油中的溶解系数；

ρ_o ——脱气原油密度。

（二）原油溶解度的计算方法

在溶解系数一定的情况下，溶解度的大小主要取决于溶解压力的高低。因此，在确定了溶解系数与脱气原油密度的关系后，根据各层组的饱和压力和该种原油密度下的溶解系数便可计算出原油的溶解度。其公式如下：

$$R = (43.1 - 43.75\rho_o)p_b \quad (6)$$

式中 R ——原油溶解度， m^3/m^3 ；

p_b ——饱和压力，MPa。

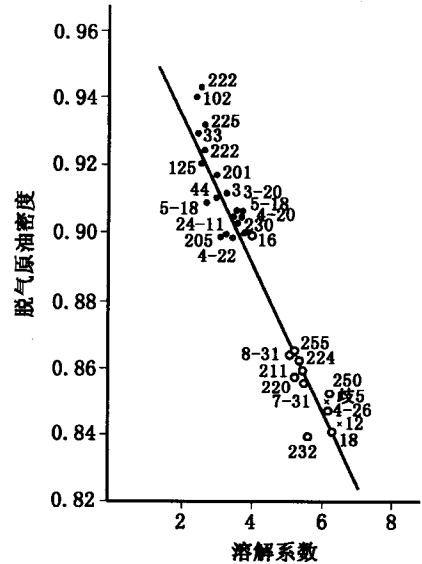


图 1-1-3 脱气原油密度与溶解系数的关系

三、原油体积系数的计算

在溶解压力一定的情况下，溶解度的大小取决于溶解系数，而地层原油体积之所以比地面体积大，在温度和压力接近的条件下，主要是由于气体溶解在原油中所引起的。故溶解系数直接影响着地层原油体积增量的大小。统计实际资料不仅说明了这一点，而且规律性较强（图 1-1-4）。

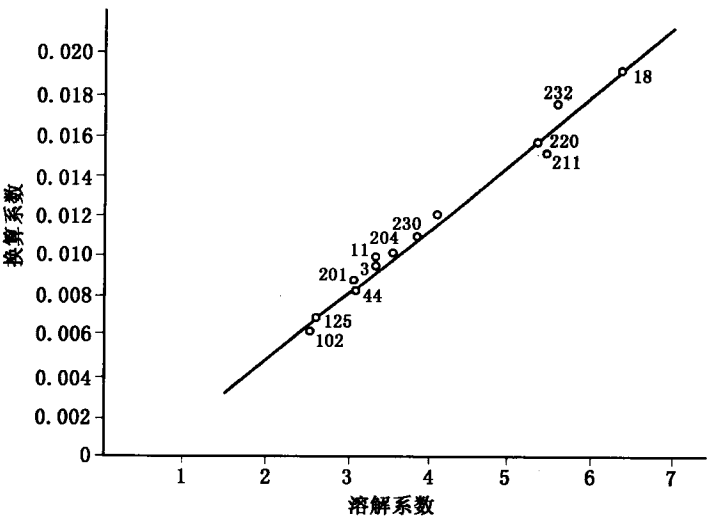


图 1-1-4 溶解系数与换算系数的关系

它们之间的关系是：溶解系数愈大，换算系数愈大，两者呈线性关系，计算公式为：

$$\alpha = 0.00333S - 0.000175 \quad (7)$$

式中 α ——换算系数，即每增加单位溶解压力，单位体积原油所增加的体积。

知道了每增加单位溶解压力单位体积原油所增加的体积，便可算出在某一溶解度下原油所增加的总体积，为此，体积系数可用下述近似式计算：

$$B_o = 1 + \alpha p_b \quad (8)$$

式中 B_o ——原油体积系数。

将式 (5) 和式 (7) 代入式 (8) 得：

$$B_o = 1 + (0.1434 - 0.1457\rho_o) \cdot p_b \quad (9)$$

四、脱气原油黏度换算成地层原油黏度

(一) 影响原油黏度的因素

原油黏度的大小取决于温度、压力及原油组分。它们之间的关系是：黏度随温度的升高而降低；在相同溶解压力下则随压力的增加而升高；当天然气溶解在原油中会使原油黏度降低。

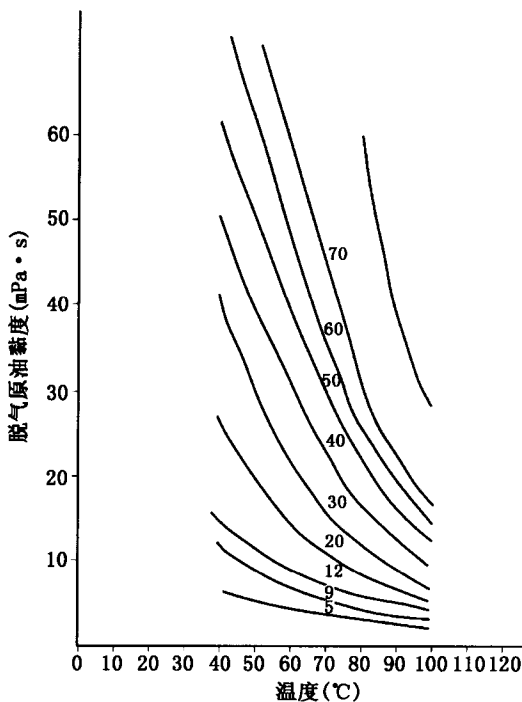


图 1-1-5 脱气原油黏度随温度变化的关系曲线

1. 原油黏度与温度之间的关系

在常温常压下，不同组成特性的原油其黏度不同。在常压下，不同组成特性的原油其黏度将随温度的升高而降低。如对明化镇组和馆陶组油层取得的脱气原油样品进行的不同温度下测定的原油黏度数据说明了这一点。依照试验数据绘制了脱气原油黏度随温度变化的关系曲线，见图 1-1-5。

从图 1-1-5 可看出，脱气原油黏度随温度的增加而有不同程度的降低，在变化单位温度时黏度的变化幅度重质原油将比轻质原油大一些。

2. 原油黏度与溶解度之间的关系

在等温试验过程中，随着溶解压力的升高、原油溶气量的增加，原油黏度相应随着降低。根据室内高压物性多次脱气试验所取得的资料，绘制了不同组成特性的原油在等温条件下随溶解压力的变化关系曲线，见图 1-1-6。

从图 1-1-6 可看出：不同组成特性的原油在等温过程中，随着溶解气量的增加而黏度较大幅度的下降，其下降值决定于溶气量。而黏度随溶气量下降的规律是：重质原油的黏度随溶气量增加下降幅度大；轻质原油的黏度则随溶气量的增加下降幅度小。

(二) 原油黏度的换算

1. 确定脱气原油在油层温度下的黏度

地层原油黏度随溶解气压力的变化是在一等温过程中进行的。为此,首先要将在某一试验温度下所测定的脱气原油黏度利用图 1-1-5 换算成油层温度下的黏度数值。然后变成在等温条件下随溶解度变化的关系,以便确定在某一溶解度下的地层原油黏度数值。

2. 确定原油在地层条件下的溶解度

在等温过程中,原油黏度随溶解度的增加而变小,反之则变大。因此,要确定地层原油黏度的大小,首先要将原油在地层中的溶解度算出,其方法按公式(6)计算。

3. 脱气原油黏度换算成地层原油黏度

根据已确定的脱气原油在油层温度下的黏度和溶解度,便可在图 1-1-6 上查出脱气原油在地层条件下的黏度。

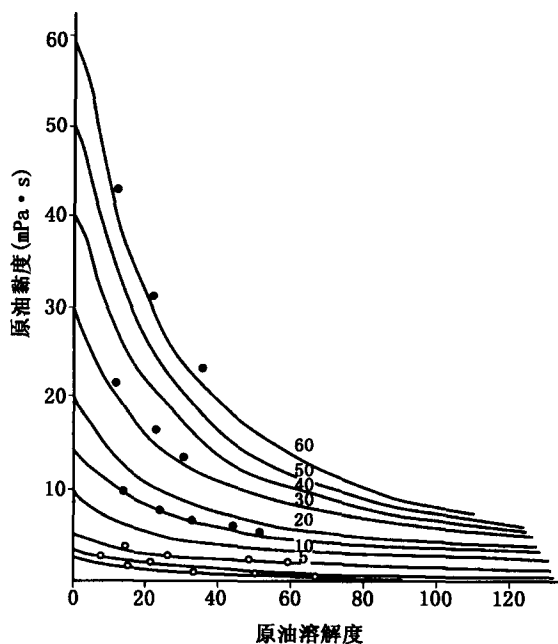


图 1-1-6 原油黏度与原油溶解度关系曲线

1.2 测压资料在断块油田勘探开发中的应用

在陆相块断盆地内,由于受断层和岩性等因素的影响,给正确认识油气藏的特征带来很多困难。当这类地区的探井喷出工业性油气流后,为了尽快了解和掌握油气藏的规模和内部结构特征,可以充分利用测压资料,对一些问题作出判断,并指导下一步的勘探和开发,这是非常重要的。本文主要介绍本油区在勘探开发中是如何利用这些压力资料解决一些地质问题的。

一、根据测压资料确定油气、油水界面的标高

可以利用钻在油气区内的探井测压资料来确定气水、油气、油水界面位置。将试油所测取的地层压力值,按其中部埋藏深度,点在绘有水层压力梯度的坐标纸上。如果是气层,以天然气在地层条件下的密度为斜率,做出气的压力梯度线并延伸至与水的压力梯度线相交,交点即是气水界面位置;如果是油层时,则以原油在地层条件下的密度为斜率做出油的压力梯度线并延伸与水的压力梯度相交,交点处即是油水界面位置;如果是一个气顶油藏时,按上述方法做出的气、油压力梯度线,分别延伸相交,其相交点即是油气界面位置。

可用下式算出测压点以下(或以上)任意深度的地层压力 p_o :

$$p_o = p_a + \frac{(D_c - D_a)\rho}{100}$$

式中 D_c 、 p_c ——测压点以下(或以上)的深度(m)及压力(MPa);

D_a 、 p_a ——测压点的深度(m)及压力(MPa);

ρ ——流体在地层条件下的密度, g/cm^3 。

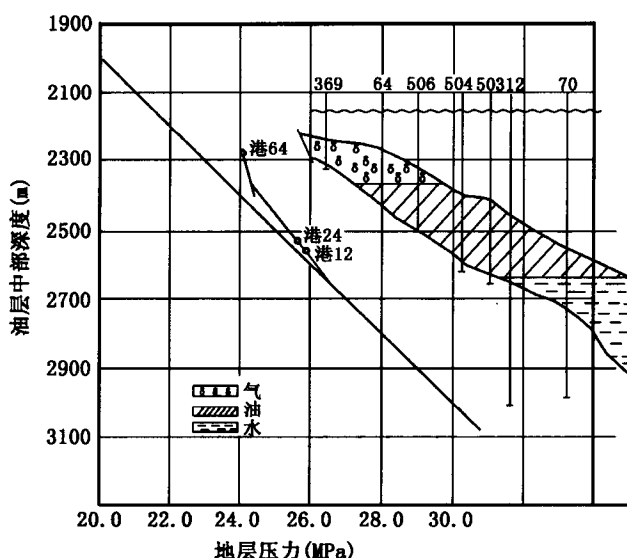


图 1-2-1 唐家河开发区 I 断块东三段油层根据测压数据确定油气、油水界面深度图

由两个压力点及其对应的深度可做出压力梯度图，其斜率即等于流体在地层条件下的密度。

根据黄骅坳陷所取得的水层测压资料，除北部及中部的深层大部分为异常压力外，其他属正常压力体系。这一规律的存在，为这些地区利用测压资料确定气水、油气、油水界面位置创造了条件。因此，在这些地区，当探井试油喷出工业油气流并获得流体密度资料后，利用上述方法，便可迅速判断油气水界面位置。如唐家河开发区的一断块东三段油层，是一个具有气顶、油环和边水的油藏，原油性质比较好（地层原油密度为 0.664g/cm^3 ）。根据初期在气顶和油环部位钻的两口探井（气井港 64 井，油井港 12 井）的试油测压资料，按

照作图的方法确定的油气界面深度为 2360m，油水界面深度为 2630m，在钻生产井的过程中得到证实（图 1-2-1）。

按照上述方法确定的各种边界位置的可靠程度决定于所测地层压力的精度及可靠性，因此，必须把这项资料取准。

二、根据测压资料判断产层含油气的富集程度

（一）在正常压力体系地区，孔隙压力与含油气富集程度的关系

对于正常压力体系的地区，在相同埋藏深度下的不同砂岩孔隙体积内，充满着不同密度的流体。由于流体的密度和含油气高度的不同，所测出的孔隙压力数值是有区别的。如果将所测的孔隙压力数值标绘在有水层压力梯度的坐标纸上，可以看出：在含油气高度一定时，流体密度愈小，高于水层压力的数值越大；当流体密度相同时，含油气高度愈大，孔隙压力偏高，水层压力的幅度也愈大（图 1-2-2）。

由于地下流体的密度资料比较容易获得，因此，可利用探井所取得的孔隙压力资料计算油藏含油气高度：

$$\Delta h_o = 100 \times \frac{p_i - p_w}{\rho_w - \rho_i} + \Delta h$$

式中 Δh_o ——油（气）柱总高度，m；

p_i ——油（气）层（孔隙）压力，MPa；

p_w ——静水柱压力，MPa；

ρ_w ——地层水密度， g/cm^3 ；

ρ_i ——地层条件下的油（气）密度， g/cm^3 ；

Δh ——测压井的中深至该构造顶部的高度，m。

根据油气运移和聚集的力学原理可知，在一个含油的孔隙体积中，含油气饱和度的高低与油气柱的高度有关，即油气柱越高，含油气的富集程度越高；反之则低。对于含油气富集程度高的产层，当油层物性比较好时，一般都是高产油气藏。如唐家河开发区的三断块东三段油层，属正常压力体系内的油藏。根据初探井港 24 井所测油层压力高于该深度下的水层压力 0.4MPa 以上，以此计算的含油高度为 122m，总含油高度 142m。采用 400m 井距投入开发后，采油速度一般保持在 5% 以上，证实是一个产能高的油藏。而港西开发区，也属于正常压力体系区内的油藏，初期探井所测油层压力与水层压力无差别，说明各个油藏含油高度较低，采用 250m 正三角形井网完钻后，证实油水关系

复杂，油层产能低，采油速度一般在 1.2% 左右，油井见水也比较快（表 1-2-1）。

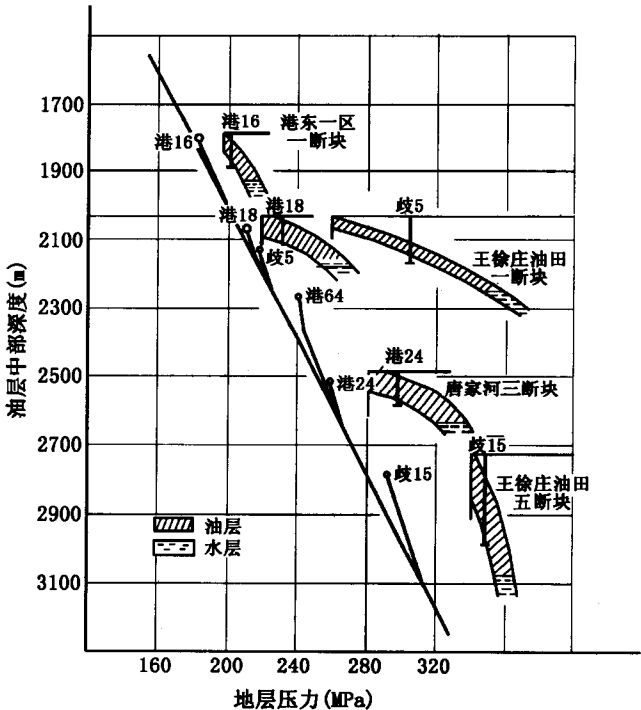


图 1-2-2 大港油田正常压力体系地区根据测压数据确定的油层油水界面深度

表 1-2-1 油田或断块地质及开发参数表

项 目	压力 (MPa)		压差 (MPa)	地层原油 密度 (g/cm ³)	含油高度 (m)			渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	黏度 (mPa·s)	井距 (m)	采油速度 (%)
	油层	水层			计算	井到顶	总				
断块名称											
王徐庄油田 一断块	21.7	21.3	0.4	0.7141	147	100	247	105	1.19	1200	4
唐家河 三断块	25.6	25.2	0.4	0.665	122	20	142	25	0.78	400	5
港东一区 一断块	21.0	20.8	0.2	0.678	81	20	101	221	1.56	300	3
港西开发区	10.7	10.7	0	0.862			50±	278	23.6	250	1.2

注：井到顶即测压井的中部深度到该油层构造顶部的深度差。

(二) 在异常压力地区，压力与产层含油气富集程度的关系

对于异常压力地区，由于引起异常压力的因素很多，使一个地区往往没有统一的压力系统，因此就不能利用正常压力体系地区已有的方法来研究和判断每一个油藏的油、气、水界面位置和它的富集程度。但是，在地质条件近似时，孔隙中的流体压力仍然与油气的富集程度有关。根据黄骅拗陷异常压力地区所得的地质和压力资料可知：当一个地区上部有比较厚

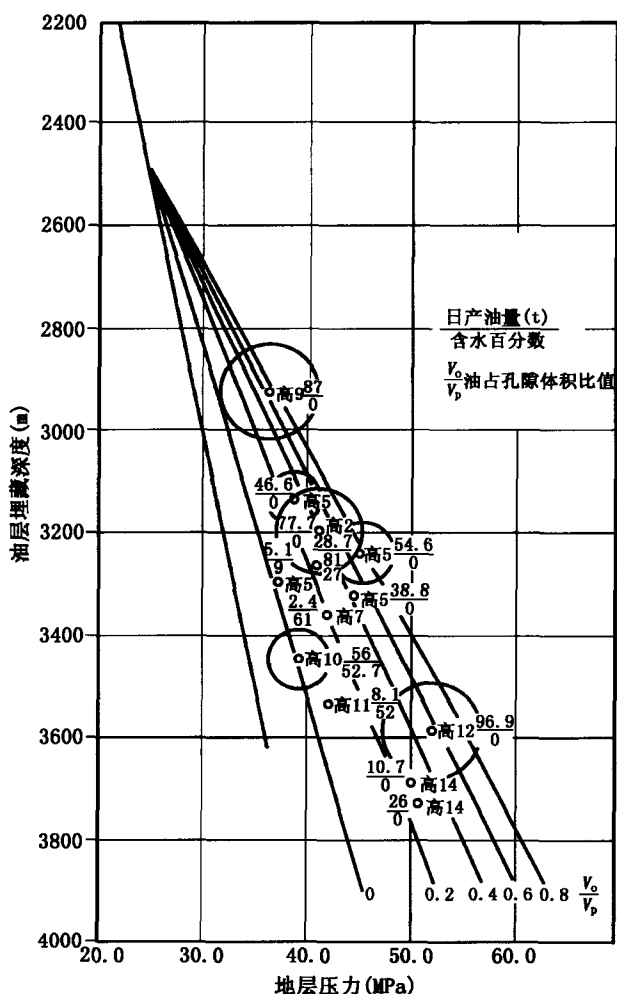


图 1-2-3 高尚堡油田地层压力与
流体产能和流体性质关系

的泥岩盖层，目的层内的断层无继承性活动，岩性变化又大，在地层压实过程中，流体排不出，此时增温，因不同流体的热膨胀系数不同，因而使压力增加的幅度不同。由于每个砂岩孔隙体中流体的性质和各种流体所占的比例不同，使各个砂体内孔隙流体压力差异较大。从流体性质上来看：在增加相同温度时，气体增加的压力最大，原油次之，水最小。从各种流体在孔隙体积中所占的比例来看，油气占的比例越大，增加同样温度时，孔隙中流体压力增加的幅度越大。根据高尚堡油田的资料进行计算并绘出压力与含油富集程度的理论曲线，将试油资料点在曲线图上，理论和实际资料是吻合的（图 1-2-3）。

这一关系说明，在异常压力地区，在相同的地质条件下，产层的孔隙压力越高，含油气的富集程度也越高；如果砂体分布范围广而且大时，这样的油气藏不仅含油气富集程度高而且储量也大。

三、根据测压资料判断断层的密封性

对于异常压力地区所发现的油田，每个断块应有自己的压力系统。就可以利用以初期所测的孔隙压力资料，作压力梯度图的方法来判断其密封性。

如港中开发区，油层为古近系的沙河街组，属异常压力油田，对五个开发单元中的沙一下油组初期测取的孔隙压力进行分析，并绘制了压力与深度关系曲线（图 1-2-4）。

从图 1-2-4 可看出，这五个开发单元组成了五条相互平行的梯度线，反映了各个断块的压力系统是不同的。在开发过程中也证实各块之间毫无动力联系，断层起着很好的封闭作用。

对于正常压力体系地区内的断块油田，可以利用各阶段所测地层压力来判断断层的封隔性。如板桥凝析油气田的北区板 9 断块，该断块的板 9 井于 1977 年 8 月开始试采，随着采出量的增加，地层压力不断下降，到 1982 年 7 月，地层压力由 31.5MPa 降至 23.5MPa，下降了 8.0MPa。本断块这一时期完钻的板 9-2 井射开与板 9 井相同的层位，测得地层压力为 25.3MPa，比原始压力低 6.2MPa，而相邻断块的板 9-6 井，1982 年 5 月射开与板 9 井相同的层位，所测地层压力仍保持在原始水平。说明两块之间没有水动力的联系，证实断层

起封隔作用（图 1-2-5）。

四、根据测压资料判断油藏的连通性质

确定油层是否连通，最有效的方法之一是观察研究井间的压力变化关系。而在连通的油层中，连通性质是属于孔隙型还是裂缝加孔隙型，对开发井网的密度和注水方式的选择是非常重要的。由于压力的传导在多孔介质和裂缝中的传播速度不同，而压力传播的速度与达到平衡的时间随渗透率的大小而变。当流体在多孔介质中的流动状态属线性流，符合达西定律。对于油藏内的不同油井在消耗能量且工作制度变化不大的开采条件下，各个时期所测压力绘制的随时间变化曲线应近似平行且变化趋势相同。如周清庄油田的三断块沙一下，油层分布稳定，连通性好，有效渗透率 $16 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，地层原油黏度 $1.18 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ，原始地层压力 29.0MPa ，饱和压力 17.6MPa ，无活跃的边水供给。于 1970 年 9 月采用 600m 的正三角形井网投入开发，在弹性开发阶段，各个油井所测压力随时间的变化关系反映出孔隙性的连通特点，见图 1-2-6（图中不同井的原始地层压力差异较大，是由于未折算到同一深度所引起）。注水后，未发现窜漏现象，证实油层属孔隙型连通。

对于双重介质类型的油藏，由于裂缝本身的导流能力强，压力易于传播和平衡，所以在同一时期所测压力计算的压降是相同的。如果把各个时期所测的地层压力绘在坐标纸上，将是一些与原始地层压力梯度相平行的梯度线。因此，凡属这种压力变化关系的油藏，它的连通性质属双重孔隙介质类型。如王徐庄油田一断块沙一下油层，是一个具有裂缝存在的生物灰岩油藏，原始地层压力 21.6MPa ，饱和压力 18.2MPa ，无活跃边水。于 1970 年 7 月采用 1200m 的正三角形井网投入开发。在未注水前，油井在不同阶段所测油层压力与埋藏深度点在坐标纸上，基本上是与原始压力梯度相平行的梯度线（图 1-2-7）。

从各个时期所测压力的变化关系反映出双重孔隙介质油藏的特点。当注水后，部分注水井的注入水沿裂缝窜进严重，这又证实该油层的连通类型是裂缝加孔隙型。

五、根据测压资料判断油藏的驱动类型和天然能量的大小

油藏在试采期间，可利用地层压力与采出量之间的变化曲线特征来判断油藏的驱动类

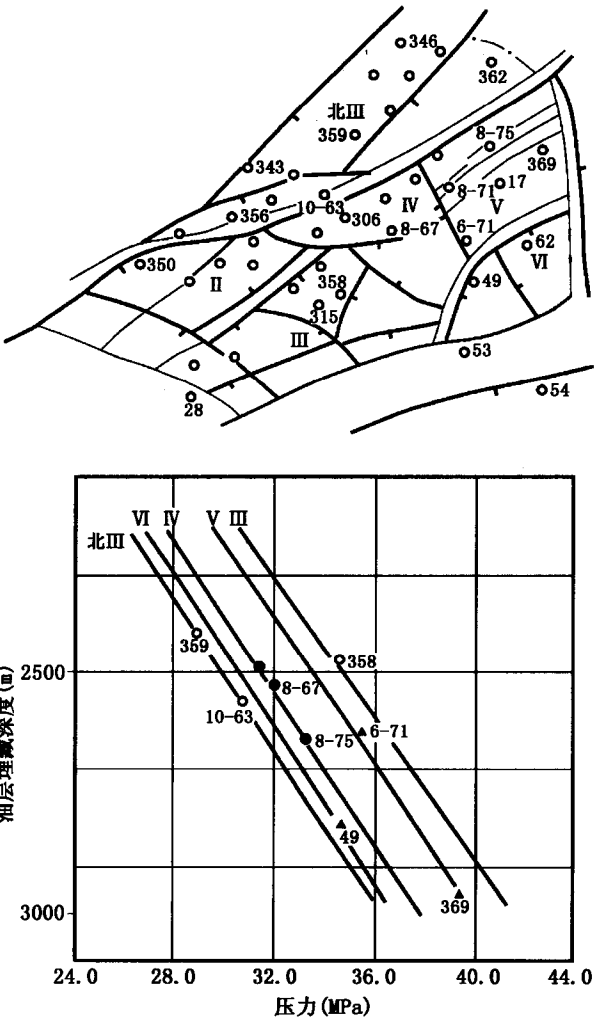


图 1-2-4 港中开发区沙一下油组
构造井位图及压力梯度曲线

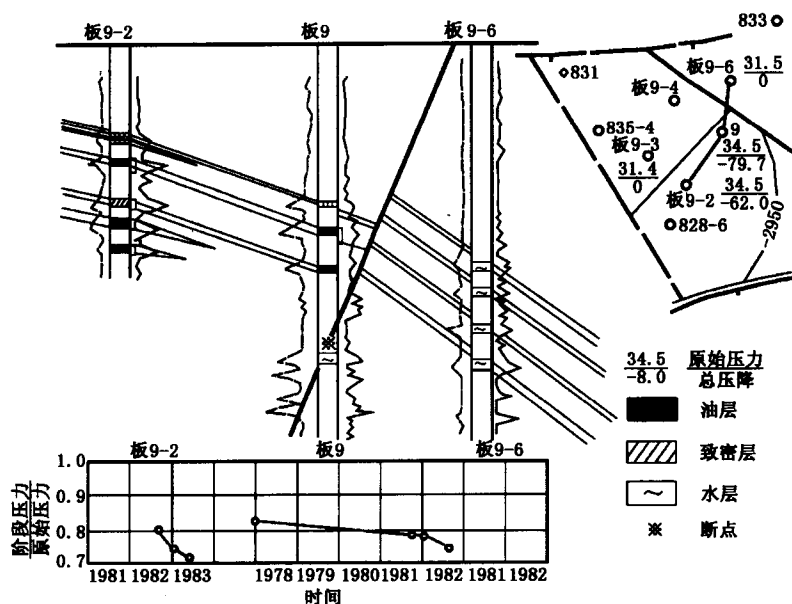


图 1-2-5 板桥凝析油气田板 I 组油藏剖面及压力变化图

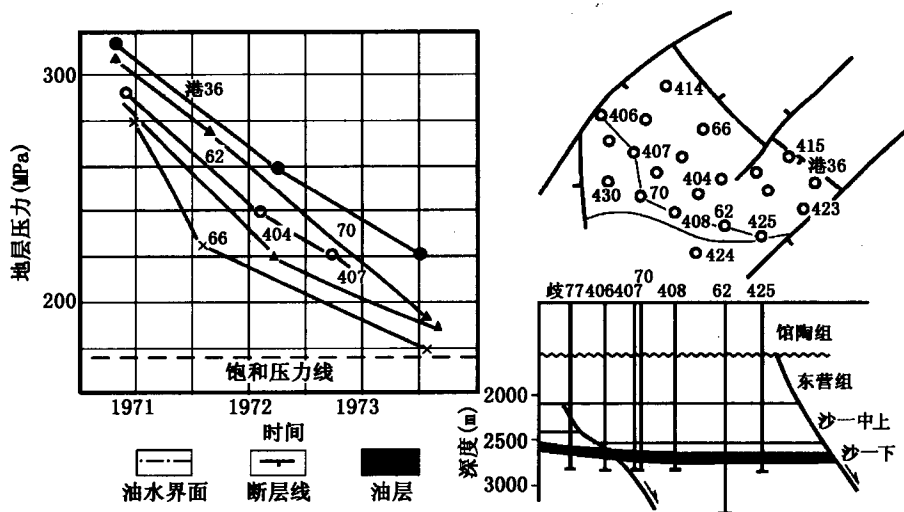


图 1-2-6 周清庄油田三断块沙一下油组构造井位图及压力变化曲线

型。对于弹性驱动的油藏，其天然能量主要是岩体孔隙及孔隙中流体的弹性能量。因此，随着采出量的增加，地层压力呈直线下降。如马西深层油田，原始地层压力 57.9MPa，饱和压力 39.3MPa，无活跃边水。试采中地层压力随着采出量的增加而呈直线下降，平均采出 1% 的地质储量，地层压力下降 2.5MPa，见图 1-2-8。对于弹性水压驱动的油藏，油层的天然能量除砂岩体及砂岩孔隙中的流体所具有的弹性能量外，还具有比较活跃的边、底水。在试采中随着采出量的增加，地层压力开始呈直线（或无此阶段）下降，当含油部分与水体

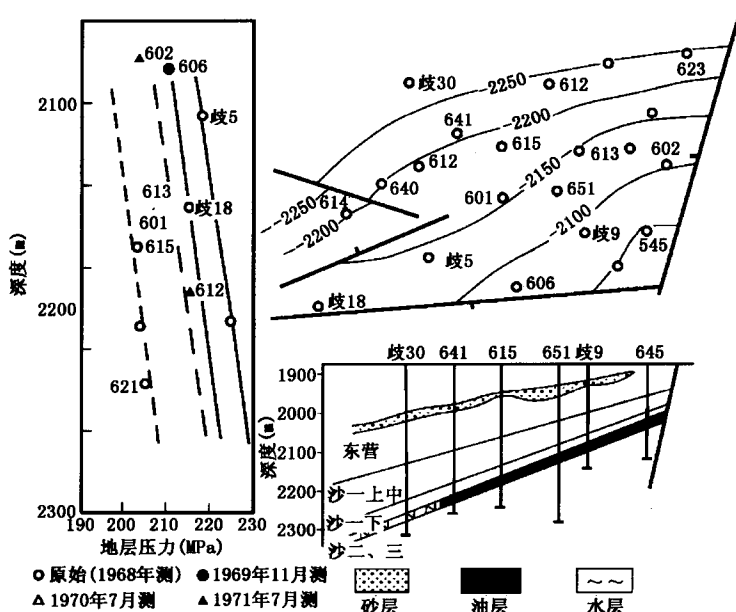


图 1-2-7 王徐庄油田一断块沙一下油
组构造井位图及压力梯度曲线

部分形成压差后，边水开始侵入，此时地层压力下降变缓。其下降的幅度与油藏的渗透率、油水接触的宽度及边底水体积的大小有关，见表 1-2-2。

对于弹性溶气驱的油藏，一般是地层压力与饱和压力的差值比较小，无活跃的边水供给。试采时，随着采出量的增加地层压力开始呈直线下降，当降至饱和压力时，压力下降幅度开始减缓，后又急剧下降。黄骅坳陷中已发现油田中的大部分断块属这种类型，如图 1-2-8 中的王徐庄油田一断块和港西 3 井区就是。

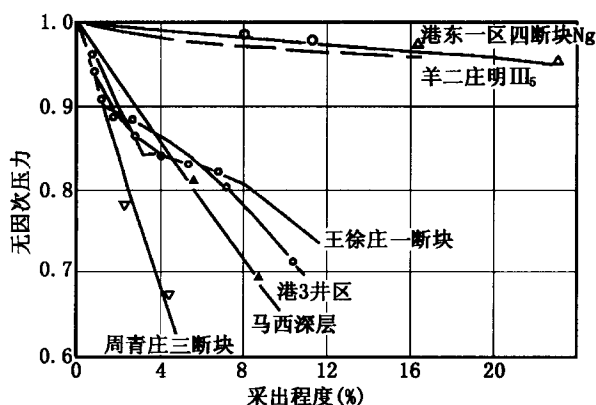


图 1-2-8 大港油田部分断块无
因次压力与采出程度关系曲线

表 1-2-2 油藏地质参数表

项 目	渗透率 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	地层原油黏度 ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	油水边界和 断块边长比值	水油体积比	采 1%地质储量 压力下降值 (MPa)
油藏名称					
港东一区 四断块馆 I	604	1.24	0.574	170	0.013
羊二庄油田 一断块明 III ₆	1208	22.5	0.476	105	0.039