

—美国石油工程师学会重印丛书—

油田开发实例一 油藏和气藏

闵 豫 译

石油工业出版社

美国石油工程师学会重印丛书

油田开发实例—油藏和气藏

闵 豫 译

石油工业出版社

B 025412

内 容 提 要

书中介绍了国外油气藏开发实例的文章,包括各种不同类型的油气藏和各种不同的开发方法。其中有关于底水油藏、凝析气藏的开发,关于低渗透率油藏的开发,关于层理性油层、交错层理油层的开发和研究,关于断块复杂化的断块油藏的屋顶油的开发等。在开发方法上有底水注水、边缘注水、周期注水、CO₂混相驱、气水交替驱、注气、循环注气等不同方法的实例。

本书对从事油气田开发实际工作的工程技术人员和研究人员及石油院校石油地质及开发开采专业的师生都有参考价值。

SPE REPRINT SERIES No. 4a
FIELD CASE HISTORIES—OIL AND GAS RESERVOIRS
Society of Petroleum Engineers of AIME Texas 1975

★
美国石油工程师学会重印丛书
油田开发实例——油藏和气藏
闵 豫 译

★
石油工业出版社出版
(北京安定门内大街东后街甲36号)
北京通县印刷厂排版
北京通县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

★
787×1092毫米 16开本 21¹/₂印张 533千字 印1—3,000
1982年10月北京第1版 1982年10月北京第1次印刷
书号:15037·2356 定价:2.25元

译 者 的 话

看了这本书以后,觉得内容比较好,都是有关油气藏开发实例,颇有参考和研究的价值。

书中有29篇主要文章,另有补充文章14篇。原书编者安排得较好,包括了各种不同类型的油气藏和各种不同的开发方法。其中有关于底水油藏(灰岩和砂岩)、凝析气藏、低渗透率油藏的开发,层理性油层和交错层理油层的开发和研究,以及关于断层复杂化的断块油藏的屋顶油的开发等。在开发方法上包括有底水注水、边缘注水、周期注水、 CO_2 混相驱、气水交替驱,注气、循环注气等不同方法的实例。

油田实例材料,与一般的理论书籍或教科书是不同的。它是通过各个特点不同的实际油田来表明开发原理和方法的,很实际,很具体。对油田开发的实际工作者来讲,了解更多种类的油田特点,掌握更多种类的油田开发的模式,是相当重要的。这也就是见多识广的意思了。而这些内容在理论书籍和教科书中是缺少的。

谈到油田开发具体实例,往往会引起一些人的轻视,认为只不过是开采过程,一般动态和情况报道,不会有多少理论。是的,这种印象是来自我们有些具体工作当中的现状,因为我们不少油田的动态分析工作,太简单,缺乏科学理论指导,只偏重于开采过程的报道和描述,不深入研究地下油藏中的变化机理。这是我们当前油田开发管理工作中存在的普遍现象,急待改进。正因为如此,我更觉得这本书很值得我们油田实际工作人员读一读,至少有这么几点可以参考学习的:

一、地质研究和工程研究的紧密结合。这里很多文章都是这样结合起来研究的。油田地质是基础,是油气水在其间运动的环境和条件,但是要开发一个油气藏,必须解决一系列工程问题,包括油藏工程计算,采油注水工程以及钻井完井等工程问题。而正确地解决好这些问题必须从地下油气藏的地质特征出发,才能针对性强,效果良好,解决问题。这两个方面的结合不仅是不同专业的专家的配合和共同研究,更进一步应该是体现在一个人的身上,综合研究这两个方面的范围。

二、动态分析和数值模型研究紧密结合。这里几乎每篇文章都是这样作的。动态的分析必须通过数值模型来深入研究,才能提高研究的效果,才能深入认识油藏地质特征的可靠性并且进而对下一步产量压力作出预测,更好地、主动地掌握油藏今后的变化趋向。在这里关键是搞好数值模型,地质家进行地质描述的目的及其结果,也就是作出油藏模型来。进行沉积相、构造断层等研究,也是为了更准确地作出模型来。这也就是油田地质工作与其它石油地质工作的不同之点。

三、注采变化现象同油藏中驱替机理分析紧密结合。这也是本书各篇文章的特点,从表面现象进而深入到对油藏驱替机理的认识,从而研究油藏中油气水运动的方向,途径,数量,变化范围,这才是正确分析油藏开发是否合理的关键。这不仅要分析油气区以内的动态和机理,也必须分析油气藏以外含水区的动态和机理,甚至分析共同含水区中各个油气藏之间的相互影响。

四、油藏自开发设计起到开采中的动态分析,始终不断地反复地分析采收率的结果。始

终明确地掌握住可采储量这个数字。在开发中的一切措施，调整，修改等等，都要确定它对采收率发生多大的影响，增加还是减少最终可采储量。这才是决定这些措施可否实施的基本点。

五、开发方法上的多样性。本书中有不少文章反映出，在开发方法是多种多样的，不断发展的，不少油田上进行了各种新方法的试验，现场开发试验区普遍地进行着。这里介绍的有屋顶油的注气开采，低渗透油层的周期注水与低压低注入量长期稳定注水的试验比较，底水油藏注水层段及采油射孔层段的选择的试验，循环注气开采凝析气藏的试验，边缘井出水后关闭停产的试验等等，都是有参考价值的。而且，这种不断更新开发方法，不断进行新方法的试验的精神和作法，更值得我们学习。

为此，引起了把这本书翻译出来的想法，虽然由于外语水平不高，但是作为学习的过程，这样做了，而且翻了出来。可能有错误之处，希望读者指正。另外，孙伟参加了部分文章的翻译。

译者

一九八一年于北京

前 言

美国矿业工程师学会(AIME)的石油工程师学会(SPE)于1962年在石油会刊重印丛书(Petroleum Transactions Reprint Series)中出版了一本题为“油田开发实例——油藏”第四集(Field Case Histories, Oil Reservoirs, No. 4)的小册子。Fraser H. Allen为那本小册子写的前言中,对石油工程的范畴作了如此确当的定义,将该段落摘印于此。

“石油工程师同其他应用科学领域的同事们比较起来,他的专业必须在庞大的不清楚的自然界中去实践。其中所包含的烃类和油田水的聚集,是保存在埋藏于地下深处的沉积岩的孔隙空间中,而这些孔隙空间是广泛散布的以及常常是无规律的和连通不好的。当这些地下的油气藏用生产井开采时,其随后的衰竭过程经常十分难以预测。可是,对今后的日产量和最终采出量的预报,是要求石油工程师来提出的。他根据对各个油田的油气藏流体和储层岩石物理特征的认识,通过油气藏理论机理的综合应用,以及与其他油田的动态进行比较来完成这个工作。因为没有两个油田是一样的,从自己工作经验中或者从专业文献合适的记录中所得到的有代表性的实际油田例子来作比较,这对石油工程师来说是重要的。”

1962年以来又取得大量的油田实例。对这些新的文献和1962年已有的文献作了详细的检阅之后,编委会在编辑这第二本油田实例的重印小册子时认为,最好是提供一本新的文章的汇编。而且,为了保持和提高第一本册子的有用价值,编委会要求第一本册子中的文章的作者、或者他们公司的合适的代表,提供对这些油藏最近动态的报告和解释的补充。刊登了第一本册子包括的14个油田实例中的6个油田的补充文章。关于毕克通油田和西埃德蒙特油田的最近的文章,对原来文章所报告的资料作了详细的补充,全部重新刊登在这里。

因为油藏和凝析气藏的动态解释的很多方面是十分相似的,编委会扩大了这本小册子的范围,包括了这两类油气藏。可是,为了控制在恰当的数量之内,文章中沒有包括面积注水的油藏动态,混相或似混相驱替,或者热采方面的报告。虽然有包括这些提高原油采收率技术的很好的油田实例,它们在SPE-AIME已经出版的或即将出版的其他新的或修改过的重印小册子中刊登。另外,编委会在其他石油文献中调查了沒有完全包括在SPE-AIME文献中的各种油藏动态或者各种油藏分析和解释方法。为此包括了美国石油学会(API)发表的三篇文章,加拿大石油工艺杂志(Canadian Journal of Petroleum Technology)发表的三篇文章以及油气杂志(Oil and Gas Journal)发表的一篇文章。

编委会还检阅了很多较有意义的和可提供资料的油气藏动态的文章,其篇数超过了在小册子中所能包括的适当的数量。将其中很多文章包括在供选择的文献目录中。这个文献目录中包括第四集重印小册子中的,以及从1962年以来各期AIME石油会刊索引中的实例部分。

编委会希望重印的29篇新的文章加上最新的补充,对第四集重印小册子的6篇文章的最新补充,以及油田实例的广泛的文献目录,对工程师和大学生们在他们对其他油气藏动态进行自己的分析和理解中会有所帮助。

林肯F.埃金斯

目 录

惠司特洛斯D-3油藏与共同含水带上其他油藏的关系.....	(1)
1975年补充.....	(10)
应用不稳定状态计算法预测马格德克斯油藏动态.....	(14)
底水驱动油藏油水界面的测量.....	(23)
贝尔希尔湖油藏应用数字锥进模型优选完井和产油方法增加原油产率.....	(35)
雷里油田——一个高效的气驱方案.....	(41)
1975年补充.....	(49)
高度不饱和油藏中注气廿三年.....	(52)
柯顿谷气田布特考气藏循环方案开发动态.....	(58)
低渗透高含量凝析气藏成功的循环开采.....	(78)
安德森“L”——南得克萨斯的异常压力气藏.....	(87)
易挥发原油油藏预测和实际动态比较.....	(97)
肖兹克立克单元蒸发气驱方案的动态回顾.....	(101)
屋顶原油的开采.....	(112)
小伯法罗盆地坦斯里帕层的非均质性对钻井和二次采油的影响.....	(118)
敏斯·圣·安德列斯单元注水的评价和改进.....	(127)
斯帕雷勃莱注水油藏动态、油井增产和水处理.....	(134)
1975年补充.....	(149)
高度层理性油藏的注水.....	(153)
对西埃德蒙特油田裂缝灰岩油藏的分析.....	(164)
1975年补充.....	(179)
科罗拉多州、鲁利森气田地区美沙弗特层砂岩的连续性.....	(181)
低渗透油藏最佳的一次开发和二次采油.....	(193)
利比亚英迪沙“A”和“D”礁块油田的补充采油开发.....	(203)
1975年补充.....	(218)
小克立克油田线状驱注水.....	(221)
1974年补充.....	(232)
亨廷顿滩油田下琼斯砂岩油藏注水.....	(234)
肖莱姆·阿莱切“E”断块边缘注水动态.....	(243)
夏隆岭峡谷单元注水动态.....	(250)
边缘注水中翼部井限制方案成功的实例.....	(257)
1975年补充.....	(267)
圣安德雷斯块状白云岩油藏底水中注水保持压力.....	(269)
南勃班克单元——不同方式驱替下采油量的比较.....	(277)

1975年补充	(281)
非均质和高度不饱和的明尼路莎油藏的开发历史和注水动态	(282)
毕克通油田——一个成功的注气方案	(295)

1975年对石油会刊重印丛书
第四集“油田开发实例——油藏”
中某些文章的补充

舒勒油田及单元开采	(305)
勃罗克海文油田注气保持压力	(307)
冷水油田的历史和动态	(310)
列杜克D-3油藏的最近动态	(312)
高起伏的埃尔克盆地油田注惰性气体保持压力	(317)
福斯特顿油田——少见的底水锥进和体积侵入效率问题	(319)
文献目录	(323)
石油会刊重印丛书第四集《油田开发实例——油藏》中的文献目录	(328)

惠司特洛斯D-3油藏与共同含水带上其他油藏的关系

约翰·哈纳托克 J.W. 马蒂内利

摘 要

介绍了70英里长的位于同一个含水带上的一系列列杜克D-3礁块高产油藏的研究工作。

研究的主要目的是预测位于中部的惠司特洛斯D-3油藏同一条带的其他油藏影响下的今后动态。编制了阿其逊-霍姆格莱林贝列杜克D-3礁块带的二维数学模型。在油藏模型的节点上给以表示油藏参数的电阻值和电容值。对这些进行调整,直到取得与二十年动态历史有满意的拟合时为止。预测了很多产量组合下今后十年内压力动态和水的推进量或流出量。研究指出由于干扰影响引起了少见的压力趋势和水推进量特征。预测了随着产出溶解气的连续注入,惠司特洛斯原油流入下面含水带的运动。这些成果有助于最近停止惠司特洛斯D-3油藏的注气。研究还预测了为把惠司特洛斯D-3油藏油水接触面保持在目前位置上以及控制它下步的运动所必须达到的采出速度。

引 言

惠司特洛斯D-3油气藏位于阿尔伯达中部列杜克D-3礁块高产油藏的阿其逊-霍姆格莱林贝带上。这个油藏带从爱德蒙顿附近向西南延伸70英里以上,如图1所示。

预测惠司特洛斯D-3油藏的今后动态,须要研究此带上具有共同水体的所有主要油藏的储层性质,过去动态和今后的产油量。

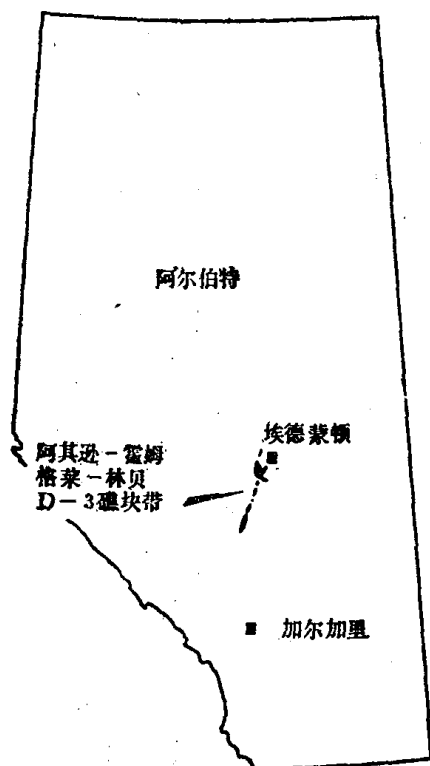


图1 阿其逊-霍姆格莱林贝D-3礁块带位置图

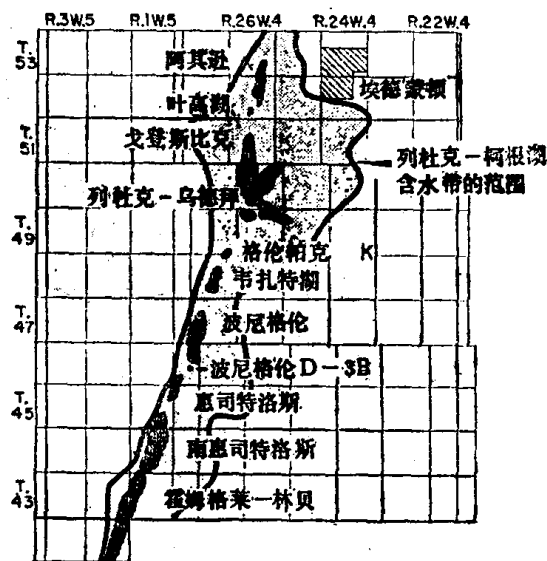


图2 阿其逊-霍姆格莱林贝D-3礁块带的油藏

在此带上的主要油、气聚集处形成了阿其逊D-3 A、列杜克-乌德拜D-3 A、格伦帕克D-3 A、韦托特湖D-3 A、波尼格伦D-3 A、惠司特洛斯D-3、南惠司特洛斯D-3 A以及霍姆格莱林贝D-3等八个油藏如图2中所示。图中还表示出分布有这些礁块油藏的孔隙性列杜克-柯根湖含水带的平面范围。为研究的目的,较小的油藏包括在它附近的主要油藏中。戈登斯比克D-3 A油藏虽然是一个比较大的聚集,因为与此带的其他油藏没有压力连通,在这项研究中没有加以考虑。

历史

1947年发现的这个带上第一个主要D-3油藏是著名的列杜克-乌德拜油藏。六年后,在油藏上用40英亩的井网完成了500多口生产井。1950年发现了阿其逊油藏,随后用89口生产井开发。韦托特湖及格伦帕克油藏于1951年发现,现在分别有52口及11口井。随后于1952年发现了波尼格伦油藏,现在有163口D-3的井。

1952年8月在Fiveland 4-3-4b-28W处钻井,于6852英尺(海面以下3908英尺)处钻遇列杜克D-3层,发现了惠司特洛斯D-3油藏。该井钻遇253英尺气顶和238英尺含油段,原油比重42°API。油藏用井距80英亩的19口生产井开发。

1953年5月发现了很厚的霍姆格莱林贝礁块,但只有很薄的油柱。此后于1954年发现了高产的南惠司特洛斯气藏。

除了南惠司特洛斯不含油柱之外,所有油气藏都作为油藏生产。列杜克-乌德拜自1955年起和阿其逊自1957年起实施压力保持方案。1955年7月到1966年9月期间,把产出的溶解气重新注入惠司特洛斯油藏。1961年开始从南惠司特洛斯和霍姆格莱林贝的气藏产气。

地质

阿其逊-霍姆格莱林贝的列杜克D-3礁块带由生物岩礁或彼此孤立的礁块建造所组成,上覆为钙质页岩,下伏有碎屑礁灰岩台块。油气聚集的下面为共同的列杜克-柯根湖含水带,油藏之间有压力连通。图3是阿其逊-霍姆格莱林贝礁块带的剖面,表示了油气柱及主要油藏的相对海拔位置。

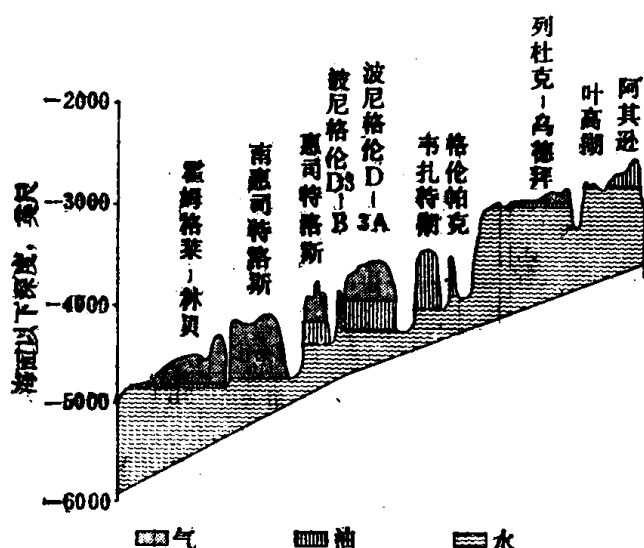


图3 阿其逊格莱林贝列杜克礁块带剖面

惠司特洛斯油藏是白云岩化的生物礁块,含有化石,具有很多大小不同的孔洞和裂缝。大多数岩心都有孔洞,从针尖大小到直径几英寸,有溶解型的也有生物型的。孔隙率和渗透率是有变化的,但是礁块中没有表现出任何均匀的低孔隙率的延展或连续层段。油藏具有广泛连通的裂缝、溶解通道和孔洞,使得侧向上和垂向上都有高的渗透率,因而具有高的油井产能。

有将近300口井钻穿柯根湖层取得了检验数据,对孔隙性的列杜克-柯根湖含水带的范围和厚度作了图件。列杜克-柯根湖孔隙分布范围表示在图2中。D-3礁

块向东孔隙率延续几英里，但向西很有限。孔隙含水带的南北界限没有确定，在研究中作了任意的选定。含水带向北可能进一步包括莫林维尔 D-3 礁块，向南包括锡尔凡湖 D-3A 礁块。计算含水带中的水量为750亿桶。

油 藏 特 征

惠司特洛斯 D-3 油藏在238英尺含油段中具有原始原油地质储量1.58亿桶，气顶中有气1170亿立方英尺。含油段平均孔隙率9.34%，气顶中为7.95%。平均水平和垂直渗透率分别为1934和195毫达西。估算束缚水饱和度7%。发现时的原始压力在基准面-4280英尺处为2566磅/平方英寸，油藏温度178°F，地层体积系数1.45。

表 1 为惠司特洛斯 D-3 油藏的储层性质与此带上其他 D-3 油藏的比较。

表1 油藏参数比较
——阿其逊-霍姆格莱林 D-3 礁块带

油 藏	深度 英尺	孔 隙 率 %		束缚水 %	渗透率 毫 达 西		面 积 英亩	油层最大 总厚度	原油地质 储量 亿桶	天然气地质 储量 亿立方英尺
		含油带	气 顶		水 平	垂 向				
阿 其 逊	5076	9.1	7.5	10	3100	1500	3640	234	1.49	100
列杜克-乌德拜	5344	8.0	7.4	15	1000	5-100	21600	232	3.08	4200
格伦帕克	6304	9.6	—	7.6	1604	105	433	421	0.28	—
韦扎特湖	6458	9.4	—	7	700		3250	646	3.8	—
波尼格伦	6995	9.4	8.3	6	350		8800	711	6.25	4300
惠司特洛斯	7233	9.34	7.95	7	1934	195	1757	589	1.58	1170
南惠司特洛斯	7740	—	8.6	10	1200	60	10720	673	0	19150
霍姆格莱林贝	7934	7.6	7.8	10	250	72	14053	553	1.10	12850

油 藏 动 态

惠司特洛斯 D-3 油藏自1952年 8 月投产以来具有很好的动态。油藏动态历史表示在图 4 中。到现在，19口井中 6 口井的允许产量为每天6000桶。油藏最高产量为每天8000桶，低于油藏估算的潜力。油藏整个采油期间油气比一直稳定在650立方英尺/桶左右。到1966年底采出油量为原始原油地质储量的13.2%。十五年间压力降落还不到300磅/平方英寸。

为了保存气体和增加最终采油量，自1955年 8 月到1966年 9 月间，将产出的100亿立方英尺溶解气注入惠司特洛斯气顶中，到1966年 9 月停止注气，以减少原油流入下伏含水带的数量。

惠司特洛斯 D-3 油藏主要产油机理是效率很高的重力分离驱动。位于中部的流体界面观察井完成于1965年。用压差密度计测量指出，到1966年 8 月油气界面已下移51.6英尺和油水界面已下移12.5英尺，留下的油柱为199英尺。图 5 表示出原始的和目前的流体界面位置。根据产量-压力历史和所记录的流体界面进行物质平衡计算表明，惠司特洛斯 D-3 油藏的最终采收率是77%。

油藏模拟程序

对位于共同含水带上的任何一个油藏进行今后动态的预测，都需要对压力连通的其他油

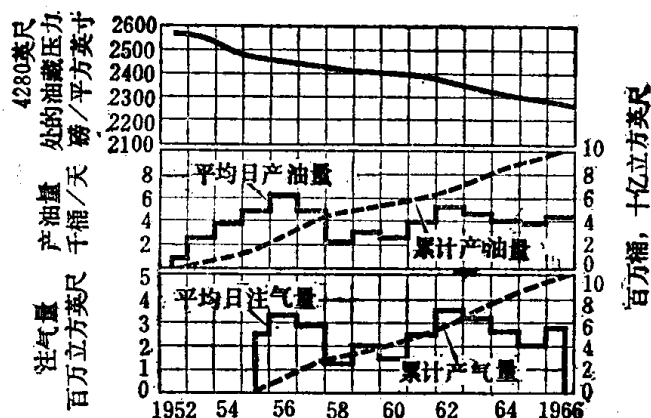


图4 惠司特洛斯D-3油藏的动态史

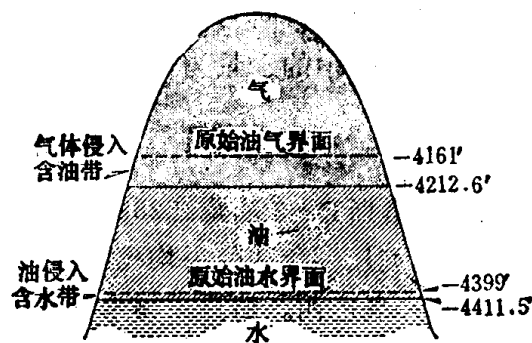


图5 惠置司特洛斯D-3油藏中流体界面的原始位置和目前位置(1966年8月)

藏的去动态和今后特性有所了解。早在1965年进行的研究,是为了预测惠司特洛斯D-3油藏在不同条件下的今后动态。这种研究在数字计算机到来之前是用电模拟器进行的。现在数字计算机提供了处理大量算例的快速方法,这些算例可以容易地作定期的修正。阿其逊-霍姆格莱林贝带的油藏模拟研究是在18M360计算机上进行的。

油藏模型是二维计算程序,模拟一个油藏或一系列互相有关油藏的压-产量动态。能够满意地拟合过去动态时,用计算机模型可以容易地预测下一步的压力动态。

发展油藏模拟或计算程序中必须把真实的三维油藏缩减成二维网路,其中每个单元或网块模拟流体电容和相应油藏体积的电阻。网路中有1050个块组成,将其覆加在阿其逊-霍姆格莱林贝带的油藏地质图上,如图6所示。107个块用作下面有水的油气藏部分,其他的模拟只有含水带的部分。超出含水带边界的不少块,没有给以电容或电阻。每个块的岩石、油、气和水的体积乘上它们各自的压缩系数,在电模型中用电容来模拟。每个块四个方向中的每一个方向上给定的电阻,是网块的流体粘度、厚度、渗透率和大小的函数。还需要有一个组成部分表示这个块的采出量或注入量。

相邻块的互相依赖关系可以根据Kirchhoff定律的基本原理用一组方程来表示,该定律是:向一个连接点的流量(电流)之代数和是零。这个原理表示在图7中。然后写出各块的不稳定状态流动方程,得出一组联立方程,可以在数字计算机上很快地求解。从这些方程的解

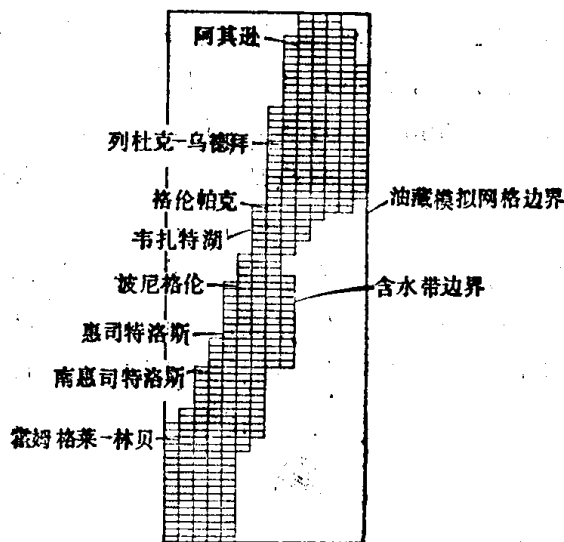


图6 阿其逊-霍姆格莱林贝D-3储块带油藏模拟网格

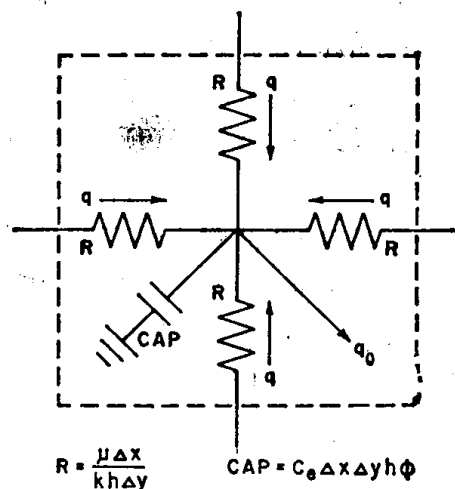


图7 油藏模拟网块的表现

可以确定出每个时间阶段每块的压力，以及打印出各时间阶段的平均油藏压力。计算机进行每年年底水推进量或外流量的计算。

压 力 拟 合

过去廿年来记录的油藏压力历史换算到惠司特洛斯-4280英尺基准面并作出曲线。压力历史曲线表示在图8中。计算了每块合理的电容和电阻之后，把1964年底以前的分季产量和注入量分给每个块。然后计算机计算出油藏的压力历史，给出曲线并与实际油藏压力曲线相比较。电容和电阻值不断进行调整，直到计算的和测量的压力之间取得满意的拟合时为止。计算机计算了三十五次，才得到了满意的拟合。

在进行必要的调整过程中，认识了一些油藏之间的关系。譬如它指出了并且后来的计算证实了波尼格伦以北的油藏对波尼格伦及其以南的油藏只有很小的影响。

1967年计算机模型结合新增加的两年来的产油和压力历史以及最新的产量预测作了进一步的调整。南惠司特洛斯和霍姆格莱林贝气藏原先4年的产气历史又增加了2年的资料。在新增加的8次计算中，对电容又作了必要的较小的调整。

图9表示了到1966年底波尼格伦D-3A油藏实测的和计算的压力之间的比较，还包括有分年度的累积水推进量。图10是到1966年底惠司特洛斯D-3油藏的压力拟合和计算的水推进量。虽然在开始几年里有些不符合，但后五年内取得了很好的拟合。图11表示了邻近的南

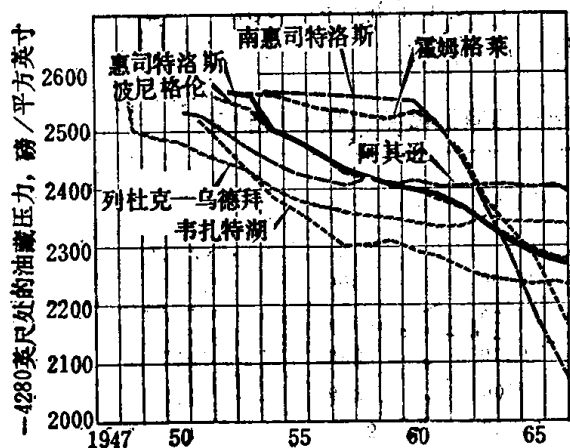


图8 阿其逊-霍姆格莱林贝D-3带的油藏压力历史

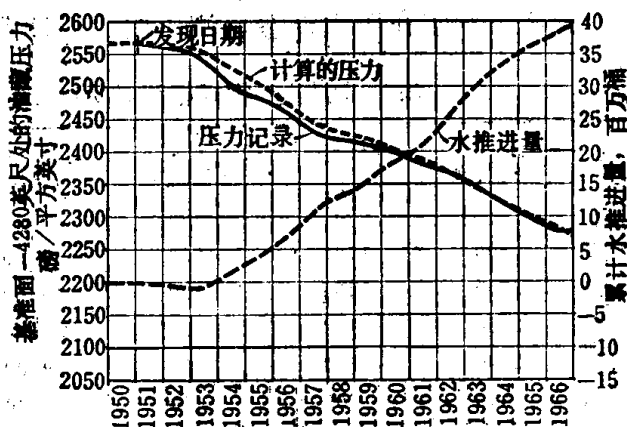


图9 波尼格伦油藏的压力拟合和水推进量

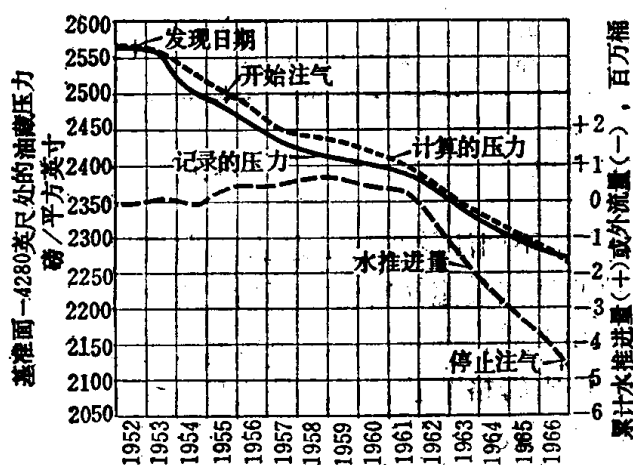


图10 惠司特洛斯D-3油藏压力拟合和水推进量

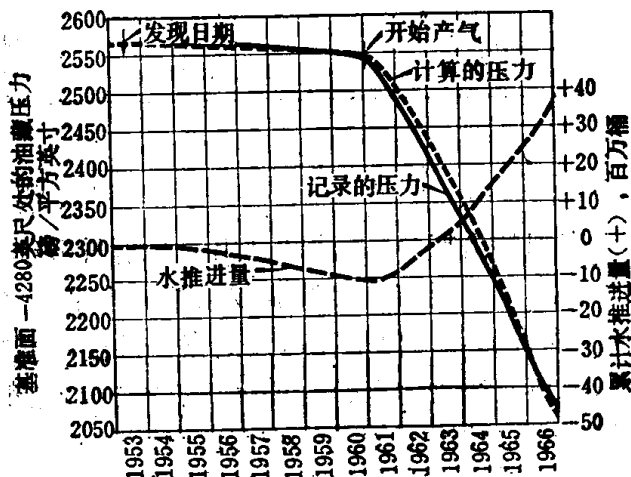


图11 南惠司特洛斯油藏的压力拟合和水推进量

惠司特洛斯油藏的压力拟合和水推进量。

这些水推进量的计算结果应该认为是定性的而不是定量的，目的是进行修正使补充动态成为有用，并且应用校正了的模型。所指出的水推进量可能部分是由于油、气储量的增加，所以没有包括在模型中。应用测出的界面移动或者更精确的物质平衡法可以计算出更准确的水推进量。在很多情况下，取得的实测推进量与计算数值有相当好的一致性。

压力历史拟合结束时，检查方程中的电容和电阻等项并将这些数值与原先给予模型的数值进行比较，这是有意义的。这样的总结指出，阿其逊以南含水带的有效渗透率为1000毫达西，到韦扎特湖以南减少到250毫达西，在霍姆格莱林贝地区又增加为400毫达西。

从压力拟合看到的事实是，在礁块带上的所有油藏通过下伏的含水带都具有不同程度的压力连通。波尼格伦和惠司特洛斯油藏的连通特别好。

界面观察井的结果证实，原油已经从惠司特洛斯油藏外流进下伏的含水带中。

预测不同状况

油藏模型预测了所有油藏今后十年的压力动态和水推进量。考查的两个基本状况是惠司特洛斯溶解气注回去还是不住回去，在这两个状况下都假设允许产油量高于或低于我们最好的估算值。对所有油藏的第三组预测是假设惠司特洛斯不同的日产油量而其他油藏保持预期日产量不变。第四组预测是假设惠司特洛斯日产油量是预期允许产量的固定的百分数以及其它油藏为预期产量。还作了其他状况的计算，关闭一个或几个油藏来确定干扰影响。

表2表示了在压力动态预测中假设的油藏预期日产油量。

表2 阿其逊-霍姆格莱林贝D-3礁块带预计的净油藏采出量 (桶/天)

	阿其逊	列杜克 -乌德拜	格伦帕克	韦扎特湖	波尼格伦	惠司特洛斯	南惠司特 洛 斯	霍姆格莱 林 贝
1967	2400	1700	1200	14200	26400	6800	217000	135300
1968	2200	1400	1100	15500	27000	6400	225000	140100
1969	2200	700	1200	17600	29500	7900	235000	145400
1970	2400	500	1300	19500	32700	8800	248000	151500
1971	2500	200	1400	20800	34900	9300	257000	157900
1972	2600	100	1500	22500	38000	10300	270000	165000
1973	2600	—	1500	22200	38000	10400	284000	172800
1974	2600	—	1600	23400	40000	11100	298000	181600
1975	2700	—	1700	24400	41700	11800	315000	191200
1976	2700	—	1800	25400	43100	12400	334000	201900

预 测 结 果

惠司特洛斯D-3油藏产出的溶解气继续回注还是不回注的预测动态表示在图12中。在这个预测中，所有其他油藏以预期的产量生产。停止注气使惠司特洛斯今后十年的压力下降21磅/平方英寸，但是在这期间累积外流油量减少330万桶。可是，停止注气并不能完全消除下一步原油流进含水带的损失。图13表示了沿阿其逊-霍姆格莱林贝礁块带的目前压力剖面并与假定惠司特洛斯不注气时到1976年底的压力剖面相比较。

图14表示了惠司特洛斯不注气而所有油藏产油量为预期产量的75%、100%和125%时惠司特洛斯的动态。如果实际产量与这些预期数不同，这些曲线可以用来外推。可以看出，如

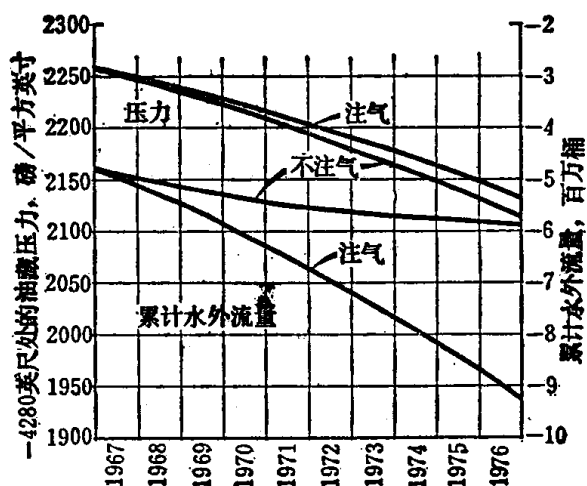


图12 惠司特洛斯油藏的预测动态(注气及不注气, 所有油藏为预期日产量)

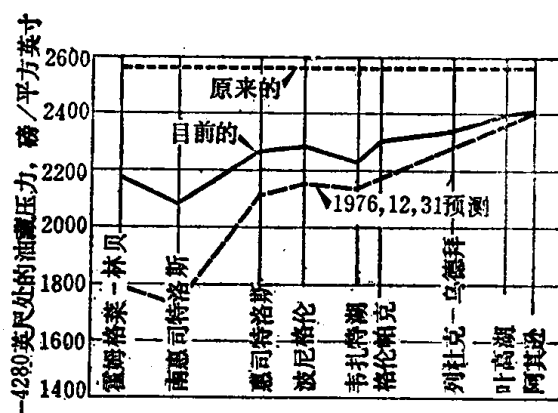


图13 阿其达-霍姆格莱林贝礁岩带(在共同基准面上的压力剖面)

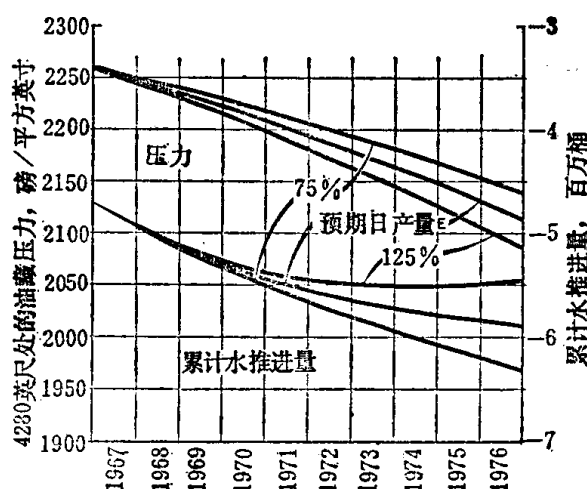


图14 惠司特洛斯油藏的预测动态(油藏以不同的产量, 惠司特洛斯不注气)

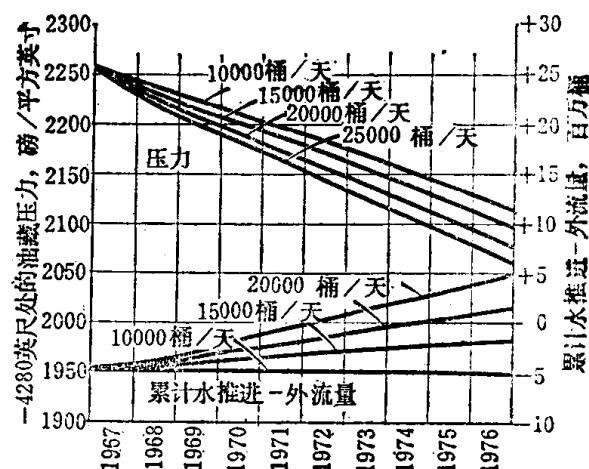


图15 惠司特洛斯油藏的预测动态(惠司特洛斯不同的油藏月产量, 所有其他油藏为预期日产量)

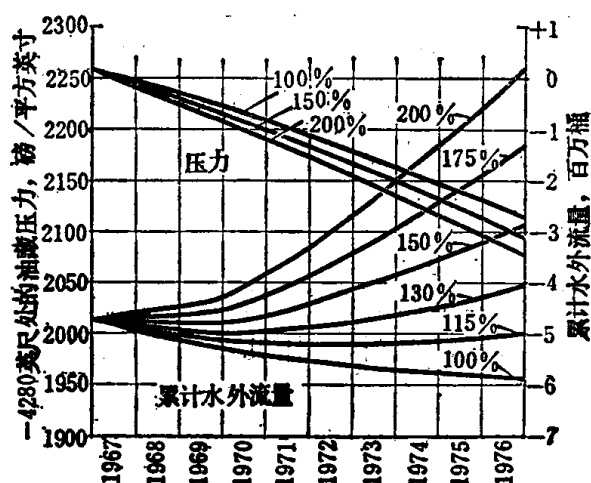


图16 惠司特洛斯油藏的预测动态(惠司特洛斯预期日产量增加, 所有其他油藏预期日产量)

果所有油藏的产量按比例改变时，产量对惠司特洛斯外流水量的影响是很小的。

图15表示了所有油藏保持预期产量，仅仅把惠司特洛斯的采出量增加到每天10000、15000和20000油藏桶时，惠司特洛斯D-3油藏在不注气的情况下的动态。它指出，为了今后十年内将油水接触面保持在目前水平附近，惠司特洛斯的采出量应该保持在每天10000桶。要在十年内把惠司特洛斯的油水接触面退回到原始位置，必须保持每天18000桶的产出量。每天10000桶的采出量相应地等于目前每天4600桶地面原油加上每天320万立方英尺气。

惠司特洛斯油藏的不同采出量也可以看作预期产量的百分数。其结果表示在图16中。可以看到今后十年内的产出量等于预期产量的125%时，可以使油水接触面保持在目前水平附近。惠司特洛斯的采出量需要等于预期产量的200%时，才能在今后十年内把油水界面退回到原始位置。

表3列出了惠司特洛斯油藏及其邻近的波尼格伦和南惠司特洛斯油藏在不同情况下的预测压力动态和累积水推进量。

表3 油藏模拟研究成果
阿其逊-霍姆格莱林贝D-3带
(-4280英尺处的压力，磅/平方英寸和累积水推进量，万桶)

状 况	惠司特洛斯		波尼格伦		南惠司特洛斯	
	压力	累积水推进	压力	累积水推进	压力	累积水推进
A. 目前情况	2259	-470	2269	3940	2058	3630
B. 惠司特洛斯继续注气 (到1976.12.31)	2139	-920	2162	3880	1730	7230
C. 惠司特洛斯不再注气 (于1976.12.31情况)						
1) 所有油藏预计产量	2113	-590	2154	3640	1730	7200
2) 所有油藏为预计产量的75%	2139	-630	2178	3570	1730	7230
3) 所有油藏为预计产量的125%	2088	-540	2130	3710	1729	7170
4) 惠司特洛斯每天10000油藏桶	2114	-530	2152	2590	1730	7190
5) 惠司特洛斯为预计产量的115%	2108	-500	2152	3570	1730	7190
6) 惠司特洛斯为预计产量的200%	2077	20	2142	3180	1729	7150
7) 波尼格伦关井	2178	-150	2231	2780	1731	7270
8) 南惠司特洛斯关井	2139	-410	2161	2860	2042	2620

鉴于惠司特洛斯油藏继续回注气体的话，预测原油继续外流，因此于1966年9月停止回注。定期的界面测量和油藏模型研究的修正证实，即使停止注入后，原油外流还在继续；要制止外流，必须从气顶中产出有限的气体体积。

结 论

- 1. 油藏模型是根据具有共同含水带的所有油藏的过去动态来预测今后油藏动态的满意、方便而快速的方法。可以作出与阿其逊-霍姆格莱林贝D-3礁块带油藏的过去压力动态满意地拟合的数学模型。
- 2. 油藏模拟的结果，特别是水推进量或外流量，应当认为是定性的而不是定量的。其结果应当认为是趋势或方向，而不是确切的数值。
- 3. 韦扎特湖D-3油藏以南的油藏，看来与韦扎特湖油藏及其以北的油藏压力连通性差。

4. 惠司特洛斯和波尼格伦D-3油藏压力连通性极好。惠司特洛斯D-3油藏的动态对于波尼格伦采出量的灵敏性比对南惠特洛斯的采出量要高。

5. 由于含水带中的压力差异，惠司特洛斯D-3油藏已有470万桶油藏原油外流进入下伏的含水带。

6. 惠司特洛斯D-3油藏产出的溶解气继续回注时，十年之后，累积油藏原油外流量将为920万桶。

7. 尽管注气已经停止，惠司特洛斯油藏将继续外流原油。可是，今后十年的累积外流量将减少到590万桶。如果预测油藏继续外流原油，必须从惠司特洛斯D-3油藏采出有限的气体体积。

8. 要保持惠司特洛斯油藏目前的油水界面需要每天采出将近10000油藏桶。目前需要每天4600标准桶的预期产量加上气顶每天产出320万立方英尺气。

9. 惠司特洛斯采出量等于预期产量的115%时，今后十年内可保持油水界面接近它目前的水平；产量等于预期产量的200%时，可以使油水界面退回到原始位置。