

高等学校教学用书

油田开发

石油院校教材编写组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校教学用书

油田开发

石油院校教材编写组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书是为石油学院油气田开采、开发专业所编写的“油田开发”（理論基础及設計）課程教材。

全书共分六篇二十六章。第一篇主要闡述开发油田的总原則。第二篇闡述了油田开发的地质基础。第三篇主要是水动力学計算和各种模拟方法等。第四篇闡述的是油田开发的經濟指标和有关的經濟分析問題。第五篇是确定油田合理开发方案的綜合方法，以及它的实施和动态分析等。第六篇是油田开发經驗介紹。

油 田 开 发

石油院校教材編写組編

*

石油工业部編輯室編輯（北京北郊六鋪炕石油工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $19^{2/8}$ ·插頁1·字数459,000

1961年9月北京第一版·1962年6月北京第二次印刷

印数338—970·定价（10-5）2.30元

*

統一书号：K15165·761（石油-82）

前 言

“油田开发”（理論基础及設計）是一門闡述油田开发設計的理論和方法的技術科學，是石油高等院校油田开发专业主要專業課教材。

油田开发工作者的任务，主要有两方面：首先要設計合理的油田开发方案。設計油田开发的方案时必须从油田的地质情况出发，根据合理开发油田的原則，綜合运用地下流体力学和专业經濟学等理論知識；并且在全面研究对比不同的开发方案以后，选择出較好的方案。其次在油田开发方案付諸实施后，在油田生产整个过程中，必須經常分析油田的生产动态，根据新的情况采取措施，以期自始至終合理地开发油田。本書共分六篇。第一篇主要闡述开发油田的总原則和設計油田开发方案的綜合方法。第二篇主要闡述油田开发和制定油田开发設計方案的地质理論基础。第三篇包括选择油田开发方法，确定油田的布井形式的原則，以及在各种驅动方式下确定油田产量和开发時間的水动力学計算方法和电模拟法等內容。这部分是本書的中心。第四篇主要闡述关于油田开发的經濟政策問題。第五篇包括油田开发方案的綜合选择和实施以及油田开发分析等問題。第六篇为油田开发經驗介紹。

为了学习本門課程，学生必須首先学习各种地质学、地下流体力学、測井和采油工程等先修課程。在学习本課程时，應該貫徹理論与实际相結合的原則，結合必要的实验和习题課等教学方式。

本書是各石油院校部分师生集体編写的。参加編写工作的有北京石油学院教师叶詩美，云川，刘蘭宁，樊营，王謙身，研究生李广元及采56部分同学，西安石油学院教师刘健伟，北京地质学院教师任繼存，长春地质学院教师李福迎。由叶詩美、云川負責主編。北京石油学院教师韓大匡、洪世鐸、西安石油学院教师周春虎負責校审，由韓大匡主审。

由于編者的政治水平及业务水平所限，書中可能存在不少缺点和不足之處，我們热忱地希望讀者提出意見，以便进一步补充修改。

編 者 1961年6月

目 录

前 言

第一篇 总 论

第一章 油田开发科学技术发展簡史与我国的主要經驗	7
第二章 合理开发油田問題的基本概念及其綜合解决方法	14
第1节 油田开发方案的概念	14
第2节 油田开发方案的分类	15
第3节 合理开发油田的原則	16
第4节 确定合理开发方案的綜合方法	17

第二篇 油田开发的地质基础

第三章 油层的細分 and 对比	20
第1节 油层細分 and 对比的提出	20
第2节 油层細分 and 对比的方法	22
第3节 油层小砂层平面图的繪制	24
第四章 地层压力及水动力系統	26
第1节 原始地层压力	26
第2节 油层压力分布图的繪制	30
第3节 地层溫度	33
第4节 水动力系統的判断	34
第五章 油层驅动方式	37
第1节 油层能量	37
第2节 油层驅动方式	38
第3节 各种驅动方式下油藏的开采过程	43
第六章 油层的几何参数和物理参数的选择	46
第1节 油藏的形狀及其面积	46
第2节 油层有效厚度	47
第3节 油层有效孔隙率	51
第4节 油层渗透率	52
第5节 油层含油飽和率	55
第6节 采收率的确定	58
第7节 考虑油藏外部地层参数时对水动力学計算的修正	59
第七章 儲量計算	60
第1节 儲量計算概述	60
第2节 容积法	61
第3节 物质平衡法	63
第4节 統計法	66

第三篇 油田开发的水动力学计算

第八章 油藏几何形狀的簡化	71
---------------------	----

第1节	油藏外形的简化	71
第2节	含油边綫的简化	73
第3节	地层傾角的简化	74
第九章	油田开发方法的选择和提出	74
第1节	决定向油层注入工作剂的依据和原則	75
第2节	合理的布井形式和开发程序	81
第3节	多油层的合理开发方法	83
第4节	油井合理工作制度的提出	84
第5节	計算方案的选择与建立	85
第十章	关于井网密度問題	86
第1节	井网密度問題的概述	86
第2节	确定井排距的水动力学計算法	88
第3节	根据油藏地质情况确定井排距的方法	97
第十一章	彈性驅动方式下生产水平及开采时間的确定	99
第1节	弹性能量在开发过程中的作用	99
第2节	已知产量变化規律时确定油藏压力变化的方法	101
第3节	已知压力变化时确定产量变化的方法	112
第十二章	溶解气驅动方式下油田生产水平与开发时間的确定	114
第1节	开发溶解气驅类型油田开发的特点	114
第2节	溶解气驅油田的生产水平与开发时間的确定	115
第十三章	水压驅动方式下油田的生产水平及开发时間的确定	122
第1节	油、水界面非活塞式推进时的生产水平及开发时間的确定	122
第2节	在非均质油层中确定各阶段产量变化規律及开发时間的方法	134
第十四章	水驅混气液和气压驅动	147
第1节	水驅混气液油田的生产水平及开发时間的确定	147
第2节	气压驅动油田的生产水平与开发时間的确定	150
第十五章	油田注水量和注水压力的确定	152
第1节	注水井的布置	152
第2节	注水量和注水压力的确定	156
第十六章	面积注水和面积注气	162
第1节	采用面积注水法进行二次采油的地质条件及布井形式	162
第2节	应用面积注水法进行二次采油时的生产水平与开采时間的确定	164
第3节	应用面积注水法进行一次采油时的生产水平与开发时間的确定	166
第4节	面积注气法的特点	168
第十七章	裂縫性油田和底水驅油田的开发特点	168
第1节	裂縫在岩层中的分布規律及研究裂縫的方法	168
第2节	計算裂縫性油藏儲量的近似方法	172
第3节	裂縫性油田的开发特点	174
第4节	底水驅油田的开发特点	176
第十八章	油田开发过程的模拟方法	182
第1节	各种模拟方法的介紹	182
第2节	直接研究油田开发問題的物理模型	183

第3节	电解模型	187
第4节	电网模型	191

第四篇 油田开发方案的经济分析

第十九章	油田开发方案的经济分析意义和内容	199
第1节	概述	199
第2节	油田开发经济分析的内容	201
第二十章	油田开发的经济设计	203
第1节	经济设计的依据	203
第2节	油田开发的各種耗費及其經濟效果	210
第二十一章	区域内各油田的配产方法	218
第1节	基本原理	218
第2节	区域内各油田的天然条件差别对配产的影响	221

第五篇 油田开发方案的确定和实施

第二十二章	綜合研究并确定油田开发方案	226
第1节	各开发方案技术经济指标的綜合分析	226
第2节	綜合确定油田开发方案的实例	229
第二十三章	实施油田开发方案时的經濟計算	232
第1节	意义和内容	232
第2节	年度經濟计划的編制	233
第3节	区域内各油田开发效果的对比	238
第二十四章	油田开发动态分析	240
第1节	油田压力动态的研究	241
第2节	用物质平衡法分析和預測油田动态	244
第3节	含油边缘移动的确定	253
第4节	利用矿場数据确定油田目前采收率和最終采收率	256
第5节	油田开发状况的总分析及調整	259

第六篇 油田开发經驗介紹

第二十五章	杜瑪茲油田开发情况的介紹	262
第1节	油田概况	262
第2节	油田开发方案的设计	268
第3节	油田开发方案的实施与分析	277
第4节	今后进一步开发的措施	284
結束語		292
第二十六章	我国老君庙及鴨儿峽油田开发情况介紹	292
第1节	老君庙油田 L 油层开发經驗	292
第2节	鴨儿峽油田油井竹噴規律和干扰現象	303
参考文献		

第一篇 总 論

第一章 油田开发科学技术发展簡史与 我国的主要經驗

“油田开发”（理論基础及設計）所研究的对象是合理开发油田的問題，主要包括合理开发油田的原則、理論和方法等內容。

为了闡述問題的方便，在这里我們首先講一講关于油田和油田开发的概念。

所謂油田，是指油藏本身以及与油藏构成統一的水文系統的整体而言。在这个統一水文系統中，不只包含了含油区和含气区（当有游离气形成气頂时），而且还包括含水区。水文系統一般是沿着整个生产层延伸，当油层在地面有露头时，則一直延伸到露头为止。水文系統的几何体积及形状是由油层的区域地质构造及油层岩性所决定的，因此在研究油田的天然能量儲备和油层所具备的天然驅动条件等情况时，以及进一步研究合理开发油田的問題时，必須从整个水文系統的情况着眼，而不能孤立地研究油藏本身。

石油埋藏于地下，要开发地下石油資源必須运用一定的方法手段。开发油田的方法手段，大致可以归納为以下几方面：

一、鑽井：在油田上鑽了井以后，石油就沿着油层流向井底，然后沿着井筒上升到地面。油田上鑽的井数不同，油井在油田面积上分布的形式和投入生产程序不同，石油沿着油层流向井底的途径和过程也不同。

二、建立油井的工作制度。由于采油方法和油层地质条件的限制，一般不可能使井底压力等于零，而必須保持一个相当大的数值。由于井底所保持的压力不同，石油流向井底的速度和状态也就不同。因此，建立油井工作制度也是控制油田开发过程的一个手段。

三、人工向地层中注入工作剂。当油层中的天然能量不足以排出地层中可采出的全部石油，或者不能保証我們所需要的采油速度时，向地层中注入工作剂，也是加速和調整这一过程的重要措施。

所謂油田开发就是人們在充分認識和掌握油田地质情况及其变化規律的基础上利用油井在油藏上的分布形式，利用一定的井数以及它們投产的程序，利用一定的油井工作制度和油层能量的平衡，来促使和控制地层中的液体从油层流向生产井井底，从而最充分合理地采出地下石油資源。

油田开发工作是石油工业中的重要环节。能否合理的开发油田，合理到什么程度，这不仅与科学技术水平有关，首先是和社会制度有密切的关系。在社会主义制度下，国民經济是高速度和有計劃按比例发展的。社会主义国家的油田开发工作者根据这个基本原則，科学地把油田甚致整个油区作为一个整体来考虑，建立起一整套解决油田开发問題的科學理論和方法，以保証合理地开发油田。

这里必須指出，資本主义国家的开发油田，在資本主义制度下不可能达到真正合理。

因为在这种社会制度下，一个完整的油田往往由于分属于不同的资本家而被人为地割开，不能得到合理的开发。生产的无政府状态和经济危机支配了整个油田开发过程。资本主义企业和垄断集团的目的，在于掠夺人民血汗，取得最大限度的资本主义利润。因此，资本主义国家那里也就不可能有一套完整的合理开发油田的科学理论，这是很自然的。当然，我们也不排除对资本主义国家油田开发的个别“经验”和“理论”的重视。

从科学技术方面看来，研究合理开发油田的问题需要多方面的知识。各种地质学和油层物理学给了我们关于油田构造、油层岩石结构、油层和地下流体物理及物理化学性质以及地层能量情况等方面的知识。地下流体力学揭示了油、气、水在地层条件下的流动规律。而开发油田的理论和方法则是根据社会主义建设高速度发展的要求，在地质学理论、地下流体力学理论及专业经济学理论的基础上，研究了大量油田开发实际资料 and 实际经验后，总结出来的科学技术理论。它是根据油矿实际工作不断发展的要求逐渐形成和发展起来的。

油田开发科学理论的形成和发展大致可分为以下四个阶段：

1. 第一阶段是从1918年至1928年。在这个时期内，从世界范围看，石油工业还处在刚开始的阶段。当时，一般说来，油田数目少，油田面积小，油层深度浅，开发油田唯一的手段就是钻生产井。因此，在油田面积上如何分布生产井，自然就成为大家所关心而迫切需要解决的实际问题。另外，关于确定地下原油储量、油井初产量等问题，也引起了石油界的广泛注意。

从研究方法上看：当时主要是根据油矿实际生产数据进行分析和整理以寻找规律。

在1918年到1924年这一时期内，苏联和美国的一些研究工作者发表了很多关于井网密度（井距）对油层、油井生产率的影响问题的著作。

在这一阶段内关于井距和油层、油井产量的关系问题，占统治地位的理论是：井网愈密，也就是油藏上的井数愈多时，虽然平均每口井的总产油量下降，但是，油藏单位面积上的产量，也就是整个油田的总产量将增加。因此，人们都主张用密井网开发油田。当时美国的研究工作者 B. 柯脱列尔等是这种理论的创始者和维护者。

显然，这种结论是错误的。当时被开采的油田大部分属于溶解气驱油田，而实际上钻在油田内的油井密度总是有一定限度。因此，由这些生产数据中引出来的规律性是与一定的自然条件（驱动类型）和生产条件（井网密度）相联系的，将它看成为普遍规律当然会导致错误的结论。

在当时也存在另一种意见，就是应该确定油田上的合理井数。苏联学者 M·B·阿勃拉摩韦契于1925年11月在莫斯科召开的“保护和合理使用油藏”的讨论会上也提出了这种论点。

虽然这个阶段内关于井网密度问题占统治地位的理论观点并不正确，而且对以后影响很大，但这个阶段内的研究工作者对油田开发的科学理论的发展仍有极大贡献。

首先，苏联的社会主义革命使石油工业国有化以后，苏联的研究工作者有条件提出了合理开发油田的问题。M·B·阿勃拉摩韦契于1925年在他的“合理开发油田的原则”的报告中就提出应该制订一种有根据的合理开发油藏的理论。

其次，在这个时间内，很多研究工作者绘制了反映油田、油井产量下降的各种形式的曲线。如产量成一定百分比降落的曲线和产量成一定百分比降落的平均曲线，并用它来确定油田剩余储量。

在研究井网密度方面，虽然有错误的意见，但也创立了一些研究方法，如根据油井平

均产油率、当前产油率、油井初产量和开发速度等实际生产数据，研究这些因素和油层上井网密度之间的关系。

2. 第二阶段是从1929年至1938年。在这一阶段内，确定了对油田开发理论发展有重大意义的两个问题：

- 1) 关于油田驱动类型的问题；
- 2) 个别油田上的布井问题。

随着油田开发工作的发展，随着被开采的油田数目的增加，人们发现了地层中有各种各样的能量。因此创立了关于油田驱动的理论，并开始注意到油井的分布和油田的驱动类型有关。

关于井网密度问题的争论仍然存在着两种相反的观点：

- (1) 维护小井距；
- (2) 主张增大井距。

第一种观点反映了B·柯脱列尔理论的继承者的论调。在这种理论指导下，当时很多油藏，不管其特性，驱动类型等自然条件如何都采用了80—125米的井距。而持有第二种观点的人，特别是在开发某些较深油藏的问题上，与前一派展开了激烈的争论。但是，直到1935年，关于增大油井井距的理论才发展得比较完善和较有根据。M·Г·恰聶依指出，在解决井距问题时必须以油层物理、地质条件为依据，必须仔细研究和利用所有的采油技术，并且详细地研究经济方面的问题，适当地增大井距。当时一般认为在钻开产量高、油层压力大、深度约为1500—3000米的油层时，应当采用平均约为300—400米的井距。

另外，这个时期在布井方面还提出：开发水压驱动的油层时，不能采用几何形三角网布井法，而必须根据构造和油藏本身的形状按行列状布井。

最后，应该指出，在这个阶段内某些学者已经开始认识到油田是一个不可分割的整体。1933年8月，П·М·古勃金，Ф·Ф·杜那也夫和H·M·尼柯拉也夫斯基在全苏第一届石油工作者会议上的报告中指出：“很多油矿工程师好象不是在开采整个油层和整个油田，而是象管理机器设备那样，象对待孤立的对象那样开采油井”。并且在报告中特别强调了苏联学者A·C·列依本蓀所进行的“研究和分析油田开采过程”的工作的意义。他研究了在气体膨胀压力下或边水压力下液流由孔隙介质中流出的情况，并得出了许多有关排油，布井以及其他方面的数学公式。同时，美国学者盖罗勒特在这方面也进行了研究。

3. 第三阶段是从1939年到1947年。这一阶段内，在油田开发理论上意义最重大的，是将地下水动力学理论应用到油田开发理论中去。

在苏联，这一时期内，油田开发的理论水平所达到的高度大致如下：

(1) 进一步证实了特别是在水压驱动油藏内，采用稀疏井网的合理性。并且坚持布井问题必须根据构造和油藏本身的形状布井。

(2) B·H·谢尔卡乔夫教授对水压驱动的油藏从理论上分析了油井相互干扰的规律性，得出了在各种布井条件下确定油井产量的分析公式。

(3) B·M·巴磊歇夫，A·H·斯那尔斯基和M·K·馬密托夫于1938年—1942年在阿塞拜疆石油研究所进行一些试验最后证实：

①如果以环状井列沿圆形油田任一等高线钻了足够数量的油井，那么这些油井会截住所有由油层含油边缘地区流来的液流；

②在水压驱动油藏上，当井网密度达到一定程度以后，再增加井数，如果回压不变，则油藏积累产量也不会提高。

这一时期内，美国M·馬思克特在1937年出版的一本著作中指出：要提高油田开采的效率，必须研究影响开采过程的因素。首先需要确定油田储量，其次应该根据油层压力、岩心渗透率和油层中相的关系，预算油井的产油量。关于布井问题，馬思克特和其他研究工作者都认为在单一的油藏中，油藏中的累积产油量和排油区上的井数和布井方式无关。当然这个意见是不正确的；但他们所主张的开始用稀井网而后逐渐加密的开采方法却是有益的。

另外，馬思克特还提出可以用往油层顶部注气的办法来保持油层压力。

但是，这些理论在美国的开发工作中并未得到应用和推广。美国的开采情况反映出了资本主义生产特点，即仅当科学能够提高各企业利润时才被采用。当时美国油矿中的布井情况大致可以分成三个阶段：

1) 第一阶段为1938年以前。此阶段内的特点是各油矿上的油井分布得又乱又密。布井的原则是在当时的市场行情条件下取得最大利润，将油井分布在产油地段的边缘上，以偷采相邻产油地段的石油。

2) 1938年到1942年为第二阶段。当时，严重的经济危机引起了原油生产过剩，因此，很多油矿上扩大了井距。

3) 1942年至1945年为第三阶段。由于第二次世界大战期间，石油需要量大大增长。因此，许多油田上又加密了井网。

4) 第四个阶段是从1947年到目前。这一阶段内在油田开发理论和实际工作上有两件最重要的事。第一，苏联A·И·克雷洛夫等于1948年出版的“油田开发科学原理”一书中，指出了完整的油田开发理论和设计油田开发方案的综合方法。这种理论和方法的特点就在于根据社会主义制度下的经济规律，综合运用了油矿地质学、地下流体力学和专业经济学的知识来解决油田开发问题。第二，在油田开发实际工作中由于加强了注水，而使油田的开发速度大大提高，国家总产量和个别油田的产量都急剧增长，特别是在苏联，1937年到1940年的四年内全国产油量增长9%，而在1951年—1955年的五年间，由于一些大油田投入开发以及广泛采用了维持地层压力法开发油田，使总产量增长了70%。在苏联，1951年保持油层压力开发的油田仅有55个，而到1955年则增长到162个，也就是增加了二倍。从采油量方面看，在1955年苏联从保持油层压力开发的油田中采油4170万吨（占全国总采油量的59%），而其中由于保持油层压力而增加的采油量为1400万吨。

注水工作的加强，不仅提高了国家的原油年产量，而且增加了原油采收率，延长了油井自喷期和降低了原油成本。

在美国，注水工作虽然开始得很早，如东德克萨斯在1942年就开始了注水，但由于大多数油田都分属于不同的资本家所有，不可能按照统一的对象来开发。因而，采用先进的维持压力的开发方法遭到难以克服的障碍，到1956年，美国仅有11.5%的原油采自保持油层压力开发的油田中。近来美国也经常谈到所谓联合开发，但是这种联合总是不能完全解决各资本家之间严重的利害关系所引起的尖锐矛盾。而且，即使联合起来，也只能是在油田上的油井钻完后才开始，在确定油田开发方法和布置井位时，仍然不可能将整个油田当作完整的体系来考虑。目前，美国的石油产量虽然占世界第一位，但其平均单井日产量仅

为1.8吨/昼夜，这仅是帝国主义破坏性地开发油田的后果。

在这个时期内，研究工作者们根据水电相似原理，创立了解决和研究油田的实际问题和理论问题的电模拟方法。另外，一套弹性驱动理论也在此时期内形成。

当前，油田开发理论从总体上来看，虽然已经发展得比较系统和完整，但是，随着油田开发实际工作的发展，仍然有很多实际问题和理论问题需要进一步探索和研究。例如，根据油层不均匀性确定布井问题，在不均匀油层中能够取得最大采收率的注水速度以及合理关井时间问题，两相、三相流体在油层中流动的规律，特别是从微观方面——表面现象方面去研究影响流体在油层中流动的因素，在非均质油层中油井见水时间以及油井见水后含水百分比的增长速度等问题都需要进一步研究。

我国油田开发工作，在全国解放后才开始建立和发展起来。

解放前，由于我国处在半封建、半殖民地的社会，整个石油工业极为落后，天然油最高年产量只有32万吨，而1949年产量仅为69,979吨，当然更谈不到科学地开发油田问题。仅有的四处天然油产地（老君庙、延长、独山子、台湾），既没有整体的开发设计，也没有对油田进行过什么研究。根本没有系统的地质资料和系统的、确切的生产数据，对油田的储量和驱动类型就更不清楚。由于国民党反动派和帝国主义对我国石油工业的摧残，使得当时的生产条件和技术水平十分低劣，油田遭到了很大的破坏。就拿老君庙油田来看，油井密集于油藏顶部，无控制地井喷结果，不仅会使油田能量遭到巨大的损失，而且还发生过严重的火灾。

解放以后，石油工业得到新生。在党的领导下，油田开发工作开始建立和发展起来。

在国民经济恢复时期和第一个五年计划期间，我们在苏联和其他兄弟国家的帮助下，摸清了玉门、独山子和延长等油田的驱动类型和储量，并吸收了苏联及其它国家的先进经验，采用了注水维持和恢复油田压力的方法，开发老君庙油田。我国和苏联合作研究并制订了解放后新发现的克拉玛依油田的开发设计。1957年，我国天然原油产量比解放前增长了十三倍。

1958年全国大跃进揭开了我国油田开发史上新的一页。在社会主义建设总路线的指导下，在中国共产党的领导下，经过全国石油工作者的努力，我国石油工业实现了大跃进，在发展速度上已经赶上和超过了资本主义国家。同时在实际工作中，已摸索出一些适合于我国国民经济发展状况的，关于勘探和开发油田的工作方法和布署方面的经验。

十年来，石油勘探的实践证实，我国是一个蕴藏着丰富的石油资源国家。社会主义建设的大跃进，要求石油工业必须迅速改变目前落后状态，高速度地发展起来。因此，油田开发工作，必须在党的领导下，根据我国地质、技术和经济情况，充分发挥人的主观能动性，高速度、高水平地开发油田，以满足国民经济对石油日益增长的需要。

高速度、高水平的开发油田，是党的建设社会主义总路线在油田开发工作中的具体贯彻。高速度、高水平是辩证的统一体，没有高速度就没有高水平，没有高水平也不可能有真正的高速度。为了高速度、高水平的开发油田，必须明确，石油工作者的工作对象是油层。世界上的油田和油层，只有彼此相似的，而没有完全相同的。而我国的政治经济建设条件和别国不完全相同，或者完全不同。因此，必须从我国的实际出发，也就是从我国的地质条件、资源分布，社会主义建设原则和条件出发，研究我国油田的勘探和开发问题，我们要学习其它国家的先进经验，但是要结合我国具体情况。学习的目的也是为了研究和

解决中国油田开发的实际问题。否则就不可能制定合理地开发油田的原则。

合理地开发油田，必须認識和掌握油田和油层的实际情况。

我国各油田有其共同的特征和规律，而各个油田甚至一个油田的各个油层，又有其特殊的特征和规律。一个油田在未开发前，有其自己的规律；在开发过程中，随着开发的方法和开发的时期不同，又有经常变化着的规律。不認識和掌握这些规律，就不可能为合理地开发油田找到各种科学的依据。因此，要合理地开发油田，必须进行反复的调查研究，通过大量实践，取得大量资料（一般有20项资料，72项数据），对油田的認識逐步深入，全面和正确。事实上，从油田勘探一直到油田生产结束，整个油田勘探和开发过程，就是反复实践，反复调查研究的过程。也只有这样，才能使油田开发工作建立在科学的基础上。在与油层的斗争中，掌握主动权。

为了取得大量准确而可靠的资料及有关生产数据，全面准确地認識油层，掌握其变化规律，必须大搞群众运动。对油田进行调查研究的过程，也就是群众运动蓬勃发展不断深入的过程。一般说来，在石油勘探的初期，就需要开展一个全面而准确地收集为继续勘探，确定油田储量，对比油层和油田开发设计以及将来全面开发油田所需要的全部地质资料，和有关油田的试生产的生产数据的群众运动。从勘探一开始就要迅速地，主动地掌握住油田面积。在油田已经具备一定含油面积，开辟了生产试验区后，在生产试验区内，应该开展大搞油层对比和大逛“地宫”的群众运动。所谓大逛“地宫”，就是要把油田的构造情况，岩相、岩性变化情况，油田压力情况，油层及地层流体物理性质等，尽可能全部彻底的搞清楚。在这个群众运动中，工程技术人员，科学研究工作者和广大的直接从事生产的职工紧密地结合起来。这样，不仅可以提高全部工作水平和工作人员的水平，而且也从政治思想上锻炼和提高了干部。

由上可以看出，油田开发工作与勘探生产等工作密切相连。广义的油田开发工作就是指从勘探起到油田生产结束为止整个进程的工作而言。为了高速度高水平的开发油田，必须正确处理勘探、建设、和生产之间的关系。

一个油田从勘探到全面投入生产，大致可分为三个阶段。第一阶段是以勘探为主的阶段，这个阶段的主要任务是找到含油构造，确定油田面积，搞清油田储量，取得开发数据。第二个阶段是以油田建设为主的阶段。在此阶段内要制定正确的，合理的油田开发设计，钻完全部注水井（当确定注水时）和生产井，建成完整的注水工程和集输工程以及相应的附属工程和生活福利设备。第三个阶段是以生产为主的阶段。油田大规模生产是在大规模建设以后。在油田生产阶段内要积累大量的油田技术资料，对油井、油田的动态及时分析，随时掌握其变化情况和变化规律，并根据新的情况不断修正和补充油田开发设计。

但是，勘探、建设和生产三个阶段又都是贯彻于整个勘探、开发过程中的。也就是说，前一个阶段要为后一个阶段作好准备，而后一阶段将要完成前一个阶段未完成的任務，它們之間是交叉并进的。例如：生产为主的阶段是油田从勘探到全面投产过程中的最后一个阶段，但小规模的生产，从油田上第一口井出油就开始了。同样，在油田整个勘探和开发过程中，油田建设也可分三个阶段，即初期建设，大规模建设和维护生产的建设阶段。其中初期建设是在勘探为主的阶段开始的。勘探工作虽然必须走在整个过程的前面，但某些勘探任务又可由试验生产井或生产井来补充完成。

总之，油田勘探和开发的过程既要分为三个不同的阶段，而三个阶段又不能截然分开，必须交叉并举。为了高速度、高水平的勘探和开发油田，我们必须用不断革命论和革命发展阶段论相结合的原则来正确处理好三者之间的辩证关系。

至于对于不同的区域，不同的油田，这三个阶段交叉的深度也不完全相同。例如，对于地层变化不大的二级构造带上的隆起来说，当其周围构造已经出油后，为了争取速度，在新发现的构造上的第一口井可以不取心，直接以找油为目的。而当第一口井出油以后，可以首先甩开鑽探面积，有了一定面积以后，一方面开辟生产试验区并在生产试验井中取心和进行全套的电测等研究工作；另一方面继续进行勘探。因此，在这一工作部署过程中，大大缩短了勘探阶段而提前了生产阶段。对于裂缝性油田或地层情况复杂的油田，这些经验就不能完全适用，而必须根据油田的具体情况，进行安排部署。第一口井可能要进行取心，也可能，一口井出油后不能立刻甩开鑽探面积，进而开辟生产试验区，而必须经过较细致的勘探以后，才能考虑开辟生产试验区的问题。

上面已经谈到，开辟生产试验区的主要目的之一是为了加速油田勘探和开发工作，同时也是为了在编制全油田开发设计时能掌握更完整，更充分的地质资料和工业性生产数据。

过去，油田勘探的任务主要是由少数探井来完成，因此，常常不能给出有关整个油田的全面而准确的资料。特别是在我国具体情况下，很多油田是陆相生油，油田情况较为复杂，对地台型大油田说来，井距为2.5公里或5公里的少数探井不可能比较细致地摸清油田地质和油层及流体物性情况。开辟生产试验区，在生产试验区进行大量而严格的科学分析和研究工作，通过生产试验区内的生产井彻底摸清油田地质特点和油井生产能力，可以为全面开发油田提供充分而可靠的数据。这样，对勘探来说，生产试验区是勘探的补充和继续；对开发来说，则是试点和开始。在选择生产试验时，一方面要注意它在油田中是否具有代表性，另一方面也要照顾到整个油田的开发系统，尽量使所截取的一块面积正好是整个开发系统中的一个单元。在布置井网时，应避免将油井鑽到油水边线以外的含水区或者干层上去。在确定井排距时，也应该留有余地。除此之外，生产试验区的所在地应尽量靠近交通线，以便运输。

按照过去的规定，生产井内一般不取心。显然，这条规定不能用于生产试验区内的生产井。相反，在生产试验区必须鑽一批取心井和井壁取心井，以便于研究油田构造、油层结构和其变化规律。另外，生产试验区内的全部生产井都必须进行电测，取得最完整的电测资料和其他数据。

通过生产试验井的试生产，研究油井和油田动态，也是生产试验区内的主要工作之一。首先应该研究油井的生产能力及动向。可以对生产井进行系统的试井，以确定油井最好的工作制度及生产能力的变化情况，也可以通过对生产试验区中的生产井和注水井进行各项试验，将其井底压力降低到大大低于饱和压力的数值，强化注水等，观察油井在各种情况下产量、压力和油气比的变化情况。

在油田勘探和开发工作中，开辟生产试验区（小油田可以鑽生产试验井），把大遊“地宮”，对油田进行分析研究与油田试生产结合起来，从油田开发角度估计其意义，既是通过试点，解剖“麻雀”以指导全面的工作方法，又是从典型入手进行调查研究的工作方法。它为高速度、高水平地开发油田，进一步提供了可靠的依据。

在油田开发工作中和考虑油田总体规划时，还必须正确处理地面建设工程和开采地下石油资源两者的关系。这两者的关系是辩证的关系。地下石油资源情况是地面工程规模和进度的基础；而地面工程又是开采地下石油资源的保证。一般说来，在两者关系中，开采地下石油资源占据着主导地位。为了高速度、高水平开发油田，在油田勘探和开发整个过程中都必须正确处理这两者的关系，处理的原则可以归结为下列这样一个公式即：通过地面工程了解地下情况；根据地下情况决定地面工程；最后通过地面工程开采地下石油。

我国油田开发工作，近几年来虽有了巨大发展，但毕竟还比较年轻，特别是在科学研究方面，还刚刚开始，许多实际问题和理论问题有待进一步去研究和发展。但是，现在已经可以看出，在党的领导下，我国的油田开发工作，正在从主要是学习和继承世界科学技术成果的阶段，走向主要是根据我国的情况和需要进行创造性劳动的阶段。我们相信，在党的领导下，我国油田开发方面的实际工作水平和理论水平，将在短期内赶上世界先进水平。

第二章 合理开发油田问题的基本概念 及其综合解决方法

第1节 油田开发方案的概念

如第一章所述，所谓油田开发就是利用一定的手段，也就是利用一定的油井分布形式，利用一定的井数以及它们的投产程序，利用一定的油井工作制度和油层能量平衡表促使和控制石油从油层流向生产井井底。而所有这些开发油田的手段，或者说决定石油由油层流向生产井井底过程的这些条件的综合就称为油田开发方案。显然，油田开发方案一经决定，石油在地层中流动的状况和过程及其在生产过程中的变化，基本上就被决定。

下面将对上述开发方案中的各个因素进行简单的分析。

是否向油藏中注入工作剂主要决定于地层中天然能量的储备情况，油层及其外围地区的岩性以及开采速度等因素。在一般情况下这些因素还是可以确定的。因而，是否需要向油层注入工作剂的问题也是能够确定的。但是，一旦在油藏上已经钻成注入井并建设了相应的注入工程，则向油藏注入工作剂就成为不能反悔的事实。如果考虑不周，将会对油田开发工作带来严重的损失。从这个角度看，对此问题应该十分慎重。

在决定向油层注入工作剂后，确定油井，注入井的分布和井数，以及油井、注入井的工作制度就成为影响油田开发过程的重要因素。

油井工作制度可以根据采油方法以及油藏的油矿地质条件来决定。注水井的工作制度则根据油藏内部能量消耗情况以及注入设备能力来决定。而且，不论是采油井或注入井的工作在整个采油过程中都是可以随时调节的。

至于油井（注入井）的井数和它们在油藏上的分布，情况就不同了。虽然，由于影响布井系统的因素很多，油田开发初期又往往不能把复杂的地质情况完全搞清，所以，随着

对油田認識的深化，常常不免要对原定的布井系統作适当的修改。但是考虑到井在油藏上鑽成以后它的位置就不能再改变，而在开发油藏的过程中如要增加額外的井数，則要增加投資。若要減少井数（关井）則会造成物质上的損失。因此，經常依靠井数和油井在油藏上的分布形式来控制油田开发过程是不够妥当的。而且影响油井在油田上分布状况特别是影响井数的因素很多。这里要考虑油田开发速度，油层及流体的物理性质以及采收率和經濟因素。因此，正确解决这个问题就显得既复杂而又重要。

第2节 油田开发方案的分类

在油田正式全面投入开发以前，必須根据在勘探与油田試生产过程中积累的資料和对油田情况的研究，預先設計油田开发方案。下面我們將按油田开发方案的主要内容——井网在油藏上的分布方式、投产速度和程序、是否向油层注入工作剂以补充地层能量等因素对油田开发方案进行分类。

一、按生产井在含油面积上的分布，油田开发方案可分为：

1. 油井按几何网状分布的方案（均匀井网）；
2. 油井按行列状分布的方案（非均匀井网）。

現代，当油田为水压或气压驅动时，也就是油田內的含油边缘在整个开发过程中不断向前推进时，为了使油水（或气—水）边界均匀推进，尽可能的使油层內的原油多排出，而将油井在油田面积上按行列状平行于含油边缘分布。在溶气驅和底水驅动方式下，油井将按均匀的几何网状布置。均匀井网按其构成的几何形状不同，又可分为正方形井网和三角形井网。

二、按油井的投产程序和速度，油田开发方案可分为：

1. 全盘开发的开发方案，即在整个油田面积上油井同时开鑽和投产。
2. 加密开发的开发方案，即在整个油田面积上先鑽一部分井，而这部分井是按一倍、两倍或三倍于已經确定了井距布置。然后再在油井中間加密。
3. 蔓延式的开发方案。在油田整个面积上从油藏的某一边开始鑽井，然后順序鑽油田內部和另一边的油井。

在面积不大的油田上可以采取全盘开发方案或加密式开发方案，而在其它的情况下都采用蔓延法或蔓延一加密方案。这是因为如果油田太大，全盘开发方案就要占用过多的鑽机，并将基本建設战线拉的太长，造成各方面的困难。

三、根据是否采取保持油层压力的措施可将开发方案分成二类：

1. 保持油层压力的开发方案。
2. 不保持油层压力的开发方案。

保持油层压力开发的方案又可分为：

- 1) 边缘注水的开发方案（注水井直接布置在油水过渡带）；
- 2) 外缘注水的开发方案（注水井分布在外含油边缘以外的含水区）；
- 3) 内缘注水的开发方案（注水井分布在内含油边缘以内）；
- 4) 切割注水的开发方案，即用行列状的注水井排将整个油田面积切开，分成为两个或几个独立的开采部分或区域；
- 5) 面积注水的开发方案，这是切割注水的极限情况。即注水井均匀分布在整個油田。

面积上;

6) 向气顶注气的开发方案;

7) 面积注气的开发方案;

每个方案的应用条件及优缺点将在有关的章节中叙述。

第3节 合理开发油田的原则

任何一个油田都可以用各种不同的开发方案进行开发。开发油田的方案不同,则油田的年产量、总采收率和开发油田所需要的经济耗资就不同。也就是说带来的后果不同。因而,在一定的社会经济条件下,多种开发方案中必然只有一个最好的也就是所谓合理的开发方案。

合理的开发方案应该具有最好的开发效果。在我国具体情况下合理的开发油田的总原则应该是根据油田自然、技术、经济等条件,充分发挥人的主观能动性,高速度高水平的开发油田以满足国家对石油日益增长的需要。

在选择油田开发方案时具体原则如下:

一、在油田客观条件允许的前提下(指油田储量和油层物性)高速度地开发油田以满足国家对原油日益增长的需要。也就是说一个具体油田的合理开发方案应该能够保证该油田顺利地完 成国家或油区按一定原则分配给它的计划任务。

二、最充分地利用天然资源,保证油田的原油采收率高。

三、具有最好的经济效益。也就是说用最少的人力物力财力耗资采出所需要的石油。

四、油田生产稳定时间长。而且,在尽可能高的产量水平上稳定。

以上这些原则是社会主义制度高速度和有计划按比例发展国民经济的法则所要求的。

以前有人认为只有在油井之间没有干扰或者干扰很弱时,开发方案才是合理的。我们认为这种观点是片面的。

众所周知,不管开发方案如何,油井之间的干扰总是存在的。而且,当井网很稀时油井之间的干扰程度虽然减小,个别油井的产量增加,但全油田的总产量却较低。因而,油田开发期限将延长,经济效益就不会好。对于岩性变化较大的油藏来说,过稀的井网还会降低油田的原油采收率。若油井过密,则油井间的干扰急剧增加,单井产油量就降低,而且油井密到一定程度后,井数虽然增加很多,但全油田的采油量并不增加。那么,允许油井干扰到什么程度,这要看油井加密后平均每口井产量的降低值和采收率的变化情况。当再加密油井即到经济上不合理以及采收率变化不大时,这就是允许干扰程度的极限值。因而,油井之间没有或者很少干扰不是选择合理开发方案的决定性因素。

也有人反对将高采收率作为选择合理开发方案的一个根据。虽然持有这种观点的人也认为在由透镜体组成的非均质油层中,用过稀的井网开采油田时会降低油田的原油采收率。但是,他们认为,增加油田上的总井数就会降低开采油田的经济效果。因此,开采油田时原油采收率的问题最终要由经济效益来确定。这也就是说,即使某一开发方案的采收率高,但如果其经济效益稍差,则这个方案也是不合理的。

当然,开采油田时原油采收率高低和经济效益有着密切的联系。在某些情况下,当为了稍稍提高采收率而使开发方案的经济效果急剧恶化时,我们应该怀疑这个方案的合理性。但也有这种情况,即某个方案能够提高采收率很多,且经济效益比采收率偏低的方案