

油田開發科學原理

上 冊

蘇聯 阿·波·克羅洛夫等著

石油工業出版社

油田开发科学原理

上册

苏联 阿·波·克磊洛夫等著

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

油田开发科学原理

下 册

苏联 阿·波·克磊洛夫等著

石油工业出版社

內 容 提 要

本書分六篇共二十三章。作者利用三門科學——油礦地質學、水動力學和專業經濟學研究了油田的開發問題，得出了綜合解決油田開發問題的方法。

本書分上下冊出版，上冊包括前三篇：第一篇分三章，主要敘述油田合理開發問題的實質和綜合解決油田開發問題所依據的原理；第二篇分二章，主要敘述開發油田的地質原理；第三篇分十章，其中九章主要敘述開發油田的水動力學原理，另外一章是敘述如何使用電動模型來解說油層的開發過程。

本書可供地質學家，油礦工程技術人員，科學工作者和石油、地質高等學校學生閱讀。

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1948年列寧格勒版翻譯

統一書號：15037·26

油 田 開 發 科 學 原 理

上 冊

*

石油工業出版社出版(地址：北京六鋪炕石油工業部十號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

*

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張10 $\frac{5}{8}$ * 222千字 * 印1—1,100冊

1956年5月北京第1版第1次印刷

定價(10)1元8角

內 容 提 要

本書上冊已經出版。在這本下冊中，敘述了開發油田的經濟原理、油井分佈的經濟意義和開發油田的經濟設計方法，敘述油田開發綜合設計的方法，並舉出了使用這種方法的實例。

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1948年列寧格勒版翻譯

統一書號：15037·57

油 田 開 發 科 學 原 理

下 冊

*

石油工業出版社出版(地址：北京六師航石油工業部十號樓)

北京市書刊出版廠審圖時可證出字第083號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 印張9 $\frac{1}{4}$ * 176千字 * 印1—4,100冊

1956年8月北京第1版第1次印刷

定價(10) 1.5元

緒 論

苏联社会主义的國民經濟發展和今后石油工業的發展前途，在石油工業干部和科学工作人員面前提出了創立開採油田科学原理的任务。

企業部門積累起來的，並經石油工業部綜合过的丰富經驗，保證了这一任务的順利完成。

本著作是苏联科学思想在油田開採方面發展到一定階段的成就。它是根据 1940—1947 年在曾經榮獲劳动紅旗勳章的莫斯科 И.М.古勃金(院士)石油学院里按照工業任务所進行的巨大理論研究工作而作出的總結。

僅在社会主义經濟条件下能够具有的理論与实践的直接联系，使得有可能全面的來解决科学的和实用的油田開採問題，並在油礦的实际工作中，对理論上和方法上的原理加以檢驗和确定。

本書的特点就在於綜合的应用了三种科学課目——地下地質学、地下水动力学和專業經濟学——來研究合理開採油田这样一个統一的完整的問題。結果，創立了一套開採油田的嚴整理論。在此著作中很明晰的闡述了这一理論的基本範圍。

这一理論与社会主义國民經濟的發展規律性有着緊密地联系，它把解决油田開採的实际問題提高到了科学原理上去，更重要的是，它使得選擇合理開採方法的标准建立在最大國民經濟效率的原则之上。

著作者們竭力創造了確立開採方法的綜合方法論，此种方法論使我們能够考慮到各种地質-技術和經濟的油田参数並將它們列入計算中去。苏联研究工作者在地下水动力学方面的成就在此方面起了很大的作用，地下水动力学是地下地質学与專業經濟学的联系環節。

在确立苏联一系列很重要的油田开采方法时曾檢驗了綜合設計的方法。这些开采方法曾为苏联石油工業所採用，並且現在仍然在各油礦上施行着。

在油礦实际工作中运用开采方法的經驗証明了这些开采方法的顯著效能：油田越厚越大，效能也越大。当然，这些开采方法的最大效能主要決定於石油工業的工作，油礦地質学家、工程师、鑽井工作者、採油工作者和建筑者們在貫徹油田先進开采方法过程中的劳动。油田开采方法的效率高低相差很大，因此开采油田的效率問題就自然而然地成为國民經濟最重要的問題了。

根据对美国油田开采的理論与实践的分析可以确定，在开采方法設計方面苏联科学思想是先進於國外的科学思想的，因为資本主义的發展条件束縛了这种思想的發展，並且使得它只服務於各壟斷公司的私人利益。

本著作对各高等学校來說有着特別的意义。它的使命是要完成一項光荣的和重大的任务即以最新的油田开采理論和在石油工業实践中运用这一理論的方法來把年青的石油干部武裝起來。

这一著作的出現，很顯然，將引起对油田开采方法和原則的概念重新加以檢查，而在許多場合下，將喚起徹底改造科学教育工作的需要。人所共知，例如某些石油高等工業学校的專門講座，迄今还没有抛却油田开采的陈旧观点，毫無批判的接受美国油田开采的实际經驗，而这些經驗充分的反映出了資本主义生產無政府状态的矛盾。

莫斯科古勃金石油学院的科学工作者們的这一著作，在科学問題的提出和运用到生產过程中去方面，毫無疑問的，对在苏联社会主义工業其他部門中研究类似此問題的研究工作者們和專家們具有很大的意义。

莫斯科石油学院院长兼教授

A. 托企叶夫博士

1947年7月

引 言

只有在國民經濟已獲得了發展的社会主义國家苏联，才有可能研究出合理開發國內天然財富(其中也包括油田)的科学原理。在苏联，社会主义所有制及社会生產过程的國家計劃化是綜合解决一切問題的基礎，若沒有这一基礎，就不可能以發揮國民經濟的最大效能來綜合解决一切問題，其中也包括開採油田理論的創立和合理開採油田方法的确定途徑，从而也就不可能將这些具有科学根据的方法运用到社会主义工業中去。

資本主义永远也不会把問題这样提出來，因为在資本主义國家里，由於資本主义的生產資料私制造成了企業間，壟斷集團間，以及壟斷集團內部的不可調和的對抗性。對抗的結果，則造成生產的無政府狀態及經濟危機。資本主义的自發性發作的結果，必然會以搶劫的手段來利用天然財富，他們把在地質上是很完整的油田分成若干私有主的所屬地區，因此在这种資本主义不平衡的、週期性的發展之下，就根本沒有可能去採用具有科学根据的方法來進行油田的開採。这些壟斷集團及無數的企業公司也曾利用過國外研究工作者所獲得的某些科学成就，但其目的在於提高利潤，因此，使用的範圍就受到市場上許多条件的限制。

自然，在資本主义發展条件下，油田開採次序及速度的選擇問題，一定不会当作一个計劃性的國民經濟問題來解决的。而在苏联則不然，將開採油田的科学原理运用到工業中去的这一种可能性，是絲毫不受限制的。

上述這一問題在國民經濟上是有着很大的意义的。採用这种全面的有科学根据的開採方法，就能加速原油產量的增長

(在苏联)，而且能提高石油工業投資的效率。因为採用这种开採方法后獲得的國民經濟效率很高，所以就能按照國內各油田区，合理地來分配投資額，而且可以更充分的來使用勞動力、鑽机和一切開採油田所需的設備。由於在各含油区的開採面積上所佈置的井位很合理而且切合經濟要求，因此就可以空閒下一大批鑽井設備，而把它們使用到勘探工作方面去，以找出更多的新油田。所有这些均能幫助我們超額完成發展苏联石油工業的國家計劃。

上述這一問題對發展石油工業的重大意義還表現在這樣一個方面即：假使開採問題在經濟上求得了正確的解決，那麼就可以預先分配出國內各油田和各油田的產量，從而我們就可以預先大致的選定煉油廠的廠址，並解決運輸工具和原油儲存等問題。

下面我們要舉一個例子，根據這一個例子我們就能判斷出：對各油田合理的選擇開採方法將對整個國民經濟起多大的影響。例如：在巴什基里亞自治共和國的杜瑪茲油田上，如果應用老方法來開採泥盆紀各油層，就需要大量的投資，並且建設規模之大，足以把這類油田的開採列入國內最大規模的建設中去，足以與烏拉爾-庫茲涅茨聯合工廠，第涅泊爾水力發電站等的建設規模相提並論。而現在，杜瑪茲油田各泥盆紀油層的開採、油井的合理分佈和鑽開的程序都是根據對開採過程的新觀點來確定的，因此就大大地減少了投資額。同時，這批節約下來的資金，就可以用到蘇聯別的更重要的建設上去。

在全國範圍內按照採油区和油田合理的分配產量，起着很大的作用，而且，正如本書中所指出的，合理的分配產量與分區開採油田的問題有着緊密的聯繫。這一聯繫可以根據開採效率在國民經濟方面的標準預先決定出來。

同時由於改變了運輸路線和縮短了運送石油產品的路程，

因此在原油的運輸方面就節省下了一大筆錢。

以上所述均為該問題在保證蘇聯社會主義生產力高速度發展的條件下所具有的意义。而這一點說明了：在國民經濟各部門，尤其是採油部門，對科學方面所提出的要求是非常高的。

社會主義石油工業給予蘇聯學者們一個重大的任務——如何從科學的立場上來解決油田的開採問題。只有研究工作者與石油工業工作人員經常取得聯繫，只有以油礦工作的實際經驗來直接充實理論，那才有可能完成這一任務。

蘇聯科學界很早就從事於油田開採問題的研究了，特別是研究了油層的物理性質等問題，把這些看作為解決總的問題的關鍵。Л.С. 列依本孫院士及其學生們以其辛勤的勞動創立了一門前所未有的有關天然液體及氣體在空隙介質中運動的新學說——地下水力學。這門學說是合理開採油田和氣田的理論根據。Л.С. 列依本孫院士是世界上第一個採用滲透理論的學者，他把滲透理論應用到油田和氣田的開採過程中去，因此，同樣從事於這類工作，其速度就要比外國快上十多年。

В.Н. 謝爾卡契夫教授對於這一問題繼續加以發揮。在1939—1941年間，他發表了自己在地下石油水力學方面[140]的研究著作。他建議應該把油層當作一個單一的、被所謂供給邊綫所限制着的水壓系統來研究，而供給邊綫的形狀及其上的壓力則由物理及水文地質因素來確定。В.Н. 謝爾卡契夫用水動力學分析的方法詳細地研究了在各種不同的開採條件下油井間的相互作用（干涉作用）和在各種形狀的油藏上油井採油的特點。而且，他又研究出了一套水動力學方法，用來確定油井的產量、井數和油井分佈之間的關係。

В.Н. 謝爾卡契夫教授又作了具有重大意义的研究，闡明了兩種液體的分界綫在空隙介質中運動的問題，因此流體的直綫運動，向心運動，以及在橢圓形油藏中的流動都得到了解決。

这些研究工作闡明了在开採油藏时油水边界的推進情况以及油井分佈对調節油水边界的推進有着如何重大的意义。

这些研究工作，在地下水力学方面对油田开採的理論也起了很大的推進作用。

在渗透理論方面，許多苏联科学工作者，如С.А. 赫黎斯季阿納維奇院士及苏联科学院通訊院士П.Я. 波路巴黎納伐雅-柯契娜雅等，后来都有很大的貢獻。

С.А. 赫黎斯季阿納維奇[130和131]研究出了不遵守达西定律的液体的流动定律，並且分析的解决了求气化液体穩定流动的非直綫性的方程式。

苏联科学院通訊院士П.Я. 波路巴黎納伐雅-柯契娜雅解决了橢圓形油藏中一口中心井的產量問題[122, 123, 125]。而且，她还研究了渗透理論中的液体不穩定流动及含油边綫在空間中的移动情况。在П.Я. 波路巴黎納伐雅-柯契娜雅的著作中[126]，同样也講到了如何解决許多所謂“逆”問題，亦即根据油井的採液量資料如何來确定油層的边綫及其水动力学参数的問題。

在1940年，М.М. 葛洛夫斯基，А.П. 克磊洛夫和Б.Б. 拉普可一起提出了解决开採方法及实用問題的綜合原則。为此，应用了以下三方面的知識：油礦地質方面的，地下水动力学方面和專業經濟方面的。这一提議完全为礦上所支持(如B.A. 卡拉姆卡罗夫及B.M. 謝紐柯夫即为其支持者)。

因此，在1942年10月，石油工業部在莫斯科 И.М. 古勃金(院士)石油学院中設立了一个油田开採研究設計局。

該局將注意力集中於下列各方面：

(1)集中力量來創立一套开採理論，該理論应是在採用油礦地質学、地下水动力学和專業經濟学这三門科学后所得出的結果；

(2) 确定出一种採用該理論的綜合方法，以便進行油田开采方法的設計；

(3) 按照工業任务利用綜合設計法对苏联各最重要的油田進行开采設計；

(4) 参加到現場貫徹合理开采方法的操作过程中去，並給以科学-技術上的帮助。

在确定开采油田的一套理論时，設計局將單个油藏、油田或許多油田的开采作为一个綜合的問題來研究了。同时也分別的和綜合的研究了地質、技術及經濟这几方面的基本因素对油田开采的影响，以便最終制訂油田的合理开采法。

理論上的研究和將科学原理結合到实际工作中去的方法都將在本文中叙述。它們与解決問題的老的一套概念和方法是截然不同的。

在本書中，將綜合地來研究一切有关鑽探那些含油边綫在开采时不断移动的油層的問題。一般說，开采此类油藏的理論大体上比較完整，但仍需予以一定的修正，使之趨於完善。例如：在油礦地質方面，則油層的勘探和研究問題，及油層的物理性質等問題都應該進一步地予以研究；而在水动力学方面，則以下各問題應予以進一步的研究：双相液体在油層中流动的問題，彈性驅動問題，各种流体的空間运动問題，以及如何用水动力学來研究油層和油井等問題，还有应如何把工作剂压入油層……等問題；而在經濟方面应研究出各种採油方法及保持压力的办法对开采方法的选择及在各种不同的开采条件下規定消耗量的定額問題所起的影响……等。

在莫斯科石油学院还進行了有关水动力学的專門性的研究，这类研究是总的油田开采問題的一个組成部分。例如B.H. 謝尔卡契夫在設計局內創立了一套彈性驅動的理論（当他在格罗茲內石油研究所时就开始研究了），把油層和液体的彈性都

考慮在內了[143]。

此外，在莫斯科石油學院的設計局內還利用電動模型法來研究油層的開採過程(П.М.別拉施)。

本書作者們的著作涉及到了总的開採問題的各個部分，發表了各種研究作品[132, 133, 137, 138, 175]和報告[42, 43]。如何應用這套理論來確定各具體油田的開採方法，在設計著作[194, 199]中已有所敘述。

莫斯科石油學院設計局所擬制的油田開採方法首先就被工業部所採納，繼而從1944年起，就在蘇聯各油礦上推廣了。

石油工業部大力支持了莫斯科И.М.古勃金石油學院設計局所進行的一系列工作，特別是該部的技術領導B. A.卡拉姆卡羅夫和H. C.季莫費也夫積極地參加了決定研究方針的工作，因此，設計局的工作得到了進一步的鞏固和發展。

在工業部貫徹新的採油技術(其內容的一個組成部分即為莫斯科石油學院的創作和設計)的過程中，石油部門的專家們紛紛參加了此項工作，如：B. A.阿米揚，E. B.迦爾彼松，C. T.柯羅特可夫，C. И.庫維金，M. И.馬克西莫夫，Г. К.馬克西莫維奇，A. З.摩欣，A. A.特羅菲莫克，B. H.謝爾卡契夫……等。

本書為莫斯科古勃金石油學院科學工作者小組的集體創作。該小組由五人組成，其分工的情況是這樣的：A. П.克磊洛夫負責領導工作，負責開採原理、地下水動力學、綜合方法這三部分和該方法的使用，M. M.葛洛夫斯基負責開採原理、地下水動力學、綜合方法及其使用，M. Ф.米爾慶克負責地下地質學及方法的使用，H. M.尼柯拉也夫斯基負責開採原理、專業經濟學、綜合方法及其使用，而И. A.恰爾內依負責地下水動力學原理。在本書水動力學部分還附加了П. М.別拉施寫的一段東西，他給讀者介紹了開採油層的電動模型法，此法已獲得了很大的發展(見第十五章)。

本書作者向П.М.別拉施表示衷心的感謝，感謝他同意將其著作在本書中發表。

年青的科學研究員П.Ф.克路勃柯夫和有經驗的實驗員П.П.巴腊諾娃及B.A.拉品斯卡雅參加了本書原始資料的准备工作，因此本書作者謹向他們致以衷心的感謝。

目 錄

緒 論

引 言

第一篇 油田合理開發問題的實質及其綜合解決的原理

第一章 基本概念..... 1

第1節 開採過程的技術概念..... 1

第2節 油層驅動..... 3

第3節 油藏的開採過程..... 15

第4節 開發油田的經濟問題..... 25

第二章 對開發油田的理論著作和實際工作的分析..... 28

第1節 第一階段(1918—1928年)..... 28

第2節 第二階段(1929—1938年)..... 37

第3節 第三階段(1939—1947年)..... 50

第三章 綜合解決開採問題的原則及方法..... 75

第1節 合理開採方法的标准..... 75

第2節 確定合理開採方法的綜合法..... 79

第二篇 開採油田的地質原理

第四章 開採油田的主要地質條件..... 89

第1節 確定油層的驅動及參數..... 89

第2節 開採油藏時的邊界條件..... 91

第五章 油田物理地質參數的研究..... 94

第1節 油藏的構造條件..... 94

第2節 儲油層的物理-地質性質..... 96

第3節 儲油層的原油飽和度..... 103

第4節 流体在油層條件下的物理性質..... 106

第5節 試井..... 112

第六章 油藏的水动力学圖解	113
第1節 基本前題	113
第2節 選擇計算用含油邊綫的論据	115
第七章 压力驅動油層上的油井合理分佈圖	119
第1節 概論	119
第2節 排油坑道的產油量和含油邊綫推進的時間	121
第3節 排油坑道在压力驅動油層內的分佈	124
第4節 排油坑道在几种主要形狀油層內的合理分佈	128
第5節 沿油層傾向和走向的区域变化对分佈排油坑道的影响	141
第八章 当是單液流动系統时多列佈井的產量計算	145
第九章 确定油井產量及其开採年限的近似法	152
第1節 油井工作的基本条件	152
第2節 油井產量及其开採年限的确定方法	154
第3節 對於确定油井產量及其开採年限的方法的几点意見	156
第4節 引進供給邊綫	159
第5節 油井產量的确定	168
第6節 油井开採時間的确定	197
第十章 油藏的不对称和油層的非均質性对佈井的影响	201
第1節 油藏不对称的影响	201
第2節 岩石的物理性質沿整个油層的变化对佈井的影响	209
第十一章 油井完成不完善对其產量的影响	213
第1節 不尽善完成井的类型	213
第2節 鑽开程度不尽善完成井的產量計算法	215
第3節 鑽开性質不尽善完成井的產量計算法	219
第4節 不尽善完成井的井網產量	222
第十二章 流体和岩石的彈性对油田开採方式的影响	223
第1節 設無限大油層中僅有一口油井來研究孔隙介質中壓縮 液体流动方程式的積分法	223
第2節 逐次更替靜止狀態法及其与精确解法中之一種解法的 比較	231

第3節	彈性水压驅動油田的開採計算程序	239
第十三章	往油層注排油劑	240
第1節	往油層邊綫外地區注水	240
第2節	往氣頂注水	242
第十四章	決定油層某些參數——滲透率及厚度——平均	
	值的水動力學方法	243
第1節	油層性質確定法概述	243
第2節	根據油井產油率資料求油層滲透率	244
第十五章	解說油層開採過程的電模型法	247
第1節	電氣比較法	247
第2節	電網裝置	253
第3節	電網的使用	255
第4節	放大電網的比例尺	270
第5節	用模型來表示注水過程	271
第6節	分佈油井時的端項問題	272
第7節	求解彈性驅動問題的電網	277
第8節	利用電網確定油層的水動力參數	283
第9節	用電網解決開採問題的實例	287
第10節	油水接觸面的移動及開採時間的確定	290