

157189

基本 143574
馆藏

油田开探

上册

苏联 И. М. 穆拉维也夫等著



高等學校教學用書

油田開採

上 冊

蘇聯 Н. М. 穆拉維也夫等著

北京石油學院採油教研室譯

蘇聯高等教育部批准作為高等石油學校教材

石油工業出版社

內 容 提 要

油田开采一书是石油高等學校的教科書，里面概括了有关油田开采的所有問題。本書分上下兩册出版。在本册中，前部分講採油地質，亦即油藏的物理性質、驅动机理、液体和气体从油層中流到井內的条件等，其次講油井投入生產前的准备工作和試井，最后以較大的篇幅叙述了昇举液体的理論和油井的自噴开采。本書除作教材外，還可供油藏地質採油工程師和技術員作參考或進修之用。

И. М. МУРАВЬЕВ и А. П. КРЫЛОВ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

根据苏联國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1949年列寧格勒版翻譯

統一書号：15037·86

油 田 开 採

上 册

北京石油学院採油教研室譯

*

石油工業出版社出版(地址：北京內城板橋工業部十号楼)

北京市書刊出版登記證出字第093号

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

*

787 × 1092 1/32 开本 * 印張14 1/2 * 305千字 * 印1—4,600册

1956年9月北京第1版第1次印刷

定价(10)2.00元

序

本書是高等石油工業學校學生的教科書，編著這本書的目的是彌補油田開採課程教學文獻方面早已存在的缺陷。

1937年出版的 И. М. 穆拉維也夫和 Ф. А. 特列賓所著的“油田開採教程”第一冊，以及1940年出版的 И. М. 穆拉維也夫和 А. П. 克雷洛夫所著的“油田開採教程”第二冊，都已非常陳舊了，尤以前者為甚。

此外，這兩本書並未包括油田開採方面的全部問題。

同時，這方面的問題很多，它們的性質也不相同，並且無論在石油科學方面，無論在採油工藝和技術方面，都有很大的進展。

我們認為應該全面的闡述這些進展，使即將從事石油開採工作的青年專家們對我們石油工業採油方面的現狀、技術裝備、和進一步發展的方向能有一個完整的概念。這裡我們還提出了這樣的任務——在理論上論證油藏中及開採油藏的油井中所發生的一系列現象和過程，並給出在不同採油方法下確定和計算適合於各個油井的工藝制度的方法。

第八、九、十、十一、十二和十三各章是 А. П. 克雷洛夫副教授寫的，本書的其餘各章，即緒論，第一至七章和第十四至二十章是莫斯科石油學院採油教研室主任 И. М. 穆拉維也夫副教授寫的。

對指出有關本書缺點和改善教學方法的意見的同志，我們將致以深切的謝意。

著者 1949 年 6 月於莫斯科古爾金石油學院

目 录

序

緒論	1
第 1 节 苏联採油事業的發展情况	1
第 2 节 苏联的採油工艺与技术	6
第 3 节 採油事業的当前任务	9
第一章 油藏的物理性質	11
第 1 节 决定油田工業价值的因素	11
第 2 节 含油岩層的孔隙性	13
第 3 节 岩層的滲透性	20
第 4 节 滲透性与孔隙性	26
第 5 节 油藏內的含儲物	29
第 6 节 决定油藏中“束縛”水含量的各种因素	31
第 7 节 地層压力和地層溫度	37
第 8 节 井內压力及溫度的測定	40
第 9 节 油田內的气体	47
第 10 节 石油气的性質	51
第 11 节 气体在原油中的溶解性和油藏中相的平衡	58
第 12 节 地層狀況下液体的粘度	67
第 13 节 地層狀況下液体的比重和体积	73
第 14 节 深井取样器	77
第二章 液体和气体向井內的流动	80
第 1 节 作用在油藏中的力	80
第 2 节 油藏中的毛細管現象(分子表面現象)	83
第 3 节 油藏中的兩相及三相流动	91

第 4 节	徑向流动的特性	97
第 5 节	应用油矿数据测定油層渗透率的方法	108
第 6 节	採油指数和井的生产率	110
第 7 节	井的相互作用	116
第三章	油藏驅動的机理	119
第 1 节	地層能量的来源	119
第 2 节	油藏的驅動方式	124
第 3 节	水或气驅油方式	126
第 4 节	水驅油的过程	127
第 5 节	毛細管力的作用	134
第 6 节	液体和岩層的彈性膨脹現象	136
第 7 节	气頂膨脹过程及油、气的重力分离	142
第 8 节	油藏內能的消耗方式	147
第 9 节	油藏开採最适宜制度的建立	151
第 10 节	所建立的油藏开採制度的控制及調节	153
第四章	油藏压力的維持	158
第 1 节	人工維持油藏压力或創造有利於驅油方式的条 件	158
第 2 节	往气頂中注气	160
第 3 节	在油藏邊緣外地帶注水	164
第 4 节	往油藏中注水时給水和备水的原則	171
第 5 节	維持压力法的实际应用	177
第五章	物質平衡方程式	185
第 1 节	油藏物質平衡的一般概說	185
第 2 节	物質平衡方程式的構成	186
第 3 节	物質平衡方程式的应用	189
第 4 节	从油藏中採气和水的推進速度对地層压力变化 的影响	195

第六章 二次採油法	198
第 1 节 二次採油法的应用条件	198
第 2 节 油藏注水的理論基础	203
第 3 节 注水系統	208
第 4 节 方法的实际应用	217
第 5 节 注气法	221
第 6 节 真空法	231
第 7 节 强烈排液法	234
第 8 节 二次採油法的实际应用	236
第七章 油井生产前的准备工作	243
第 1 节 油井的开採方法	243
第 2 节 鑽开油藏	245
第 3 节 井底設備	248
第 4 节 油井的鋼管構造	254
第 5 节 礫石槽管	261
第 6 节 为誘导油流洗井	265
第 7 节 利用壓縮空气或天然气試油	268
第 8 节 抽吸和提撈	270
第八章 試井	278
第 1 节 試井的目的	278
第 2 节 試井的方法	279
第 3 节 用探测液面和压力的方法进行試井	282
第 4 节 試驗数据的整理	291
第 5 节 測压井中液面的探测	296
第九章 确定油井产量的原則	299
第 1 节 油井的潛在产量和最适宜产量	299
第 2 节 油井产量技术定額的确定	300
第 3 节 一口油井同时开採两个油層的情况	304

第十章 井中液体上升的理论基础	306
第 1 节 总論	306
第 2 节 依靠靜水压头来昇举井中的液体	309
第 3 节 依靠膨胀气体的能量昇举液体	314
第 4 节 理想气举管的工作	316
第 5 节 气举管在实际情况下工作的特点	318
第 6 节 研究垂直管中混合物运动的試驗設備	320
第 7 节 單根气举管中混合物运动的方程式	323
第 8 节 压力沿气举管长度的变化	337
第 9 节 長气举管中的混合物运动方程式	342
第 10 节 油矿气举管在不同制度下的工作情况	348
第 11 节 表示气举管工作特征的基本关系式的分析	358
第 12 节 可变断面气举管的结构	365
第十一章 油井的自噴开采	369
第 1 节 油井自噴理論	369
第 2 节 油井可能自噴的条件	382
第 3 节 自噴井气举管的选择	388
第 4 节 自噴井工作制度的調节与确定	400
第 5 节 自噴井的試井	413
第 6 节 自噴設備	422
第 7 节 油咀	440
第 8 节 油气分离器	446
第 9 节 防噴設備	449
第 10 节 自噴井工作情况的观察	454
第 11 节 事故性的無控制自噴	457
第 12 节 自噴开采时的安全技术和防火措施	461

緒 論

第 1 节 苏联採油事業的發展情况

从古代起，在苏联的土地上就已經开始開採石油了。巴庫和格魯吉亞的石油工業已有了數千年的历史，而烏赫达区的石油工業也已經有了好几百年的历史。

石油工業史第一时期的特征，就是技术十分簡陋。原油的開採只是用手工業的方式进行，也就是在接近油層露头的地方，用手工挖掘淺井进行採油。这种淺井用木环或石塊来襯固。用手搖或馬拉的方法轉动轆轤，將聚积在井中的原油用小桶汲出。自然，在这样的情况下，採油量是不会很大的。

到这个时期的末期(1872年)，俄国的石油年产量总共达到 27000 吨，其中巴庫油田佔 26000 吨。在 1821—1872 年这个时期內，全俄的石油总产量共計 388000 吨。

1846 年在巴庫鑽鑿了第一口油井(西門諾夫所鑽)，1855 年在烏赫达也鑽了一口油井(西陀罗夫所鑽)。1871 年在巴庫出現了第一口自噴井。

这个因素是俄罗斯以至全世界採油事業进一步得到大發展的決定性因素，因为採油的中心問題已轉为鑽鑿那些能開發埋藏甚深而产量較大的新地層的油井了。由此，从 1873 年起，含油的地区就开始小塊小塊地拍賣給个别的石油企業家了。

石油工業史的第二个时期，是俄国石油工業資本主义發展的时期，这个时期一直延續到 1920 年石油工業国有化为

止。

在这个时期出现了一些大的石油公司，他们为了追求越来越猛烈的自喷油井而不停地互相竞争着。这种对自喷油井的追求就使得油田开发紊乱无绪，但是总产量却增加了。

例如在 1873 年采油量还是 68000 吨，而在 1879 年就已增到 402500 吨。

这时井数已增加到 300 口。

在巴库，除了巴拉汗诺夫（在开始几乎全部产量都是从这里开采出来的）以外，陆续开发了一些新的油区：萨崩奇，拉曼内，比比-爱巴德等。采油量的增长情况如下：

1881 年.....	663000 吨
1885 年.....	1935000 吨
1890 年.....	3718000 吨

1893 年在格罗兹内钻了第一口油井，油从井内猛烈的喷出，这就决定了格罗兹内石油地区以后的发展。

在 1910—1911 年，开始大规模地开发迈柯普和爱姆巴区的油田，虽然它们的采油量在总产量中最初只占很小一部分。

1901 年俄国的石油生产佔世界第一位。那年的产量已超过 11500000 吨，这是最高的记录数字；此后产量就一直下降了。直到石油工业国有化为止，产量从未再上升到 1901 年的水平。

1901 年以后采油量开始下降。下降的原因是危机的影响，油田开发的紊乱无绪使油层过早的枯竭，和矿场技术水平低难以钻开埋藏甚深、能量尚未消耗的油藏。

当时主要的钻井方法是笨拙的顿钻法。使用这种方法钻

井时，需要在井中下入大量的管子，从而大大地限制了进尺。起初，鑽深度达 100 公尺的油井需要一年半的时间。后来对这种方法作了一些改进，但仍然收效不大（在鑽进速度方面）。虽然很多鑽机同时工作，但总的进尺数不大。

这个时期的采油技术，虽然在当时来说是“新”的，然而总的说来水平还是極低。在矿场上，除了讓油無控制地自噴以外，几乎都使用吊筒提撈的方法。

用吊筒从井中汲出原油的方法即提撈法，仍保留着以前手工業式的淺井采油的一切特点。只不过把从前的水桶換成了細長的吊筒，以适应截面甚小的油井罢了；同时由於油井深度增加，用蒸汽机代替了人力和馬力的牵引。这种方法仍需工人（吊油工）作沉重的工作，它既不經濟而又笨重，因此效果很低。

由上述可知，这个时期的采油技术極为簡陋，石油公司毫不注意石油技术的改进与提高，只想靠殘酷地剝削石油工人来使自己获得最大的利潤。

先进的專家——技术革新者們，虽然遇到很多困难，並且常常遭到失敗，但他們仍不断地进行創造發明。

卓越的俄国工程师（后来是院士）B. Γ. 苏霍夫，在發展石油技术方面起了很大的作用。按照他的倡議和設計，敷設了世界上第一条由油矿至煉厂的輸油管綫，代替了用皮囊运送的方法，大大降低了輸油成本。他还設計了世界上第一艘輸油船和第一輛油槽車。众所週知，苏霍夫还發明了第一批噴射器，使过去認為毫無价值的渣油也能充作燃料。原油煉制上的巨大革新，如裂化法和他的名字是分不开的。其他石油工業技术方面的許多工作也都与他有关系。

在这个时期內，在採油方面應該指出：（1）在格羅茲內各礦運用了比吊筒提撈法更為有效的活塞汲油法或抽吸法；（2）蘇霍夫工程師利用氣舉採油法開採了許多井；（3）初步地應用了專門的井口設備來控制自噴井；（4）在很多礦場上已部分地採用電動機代替蒸汽機；（5）試用了一些新的設備特別是深井泵。

在自由競爭和一系列危機的條件下對工人剝削的加深，以及沙皇政府的警察制度——所有這些都促進了革命運動的發展以及石油工人階級覺悟的提高，加強了布爾什維克黨在石油工人中的作用，使巴庫無產階級成為俄國工人運動的先鋒隊。

石油工業國有化結束了石油工人所受的剝削和壓迫，開始了以廣泛運用新技術為基礎的創造性勞動，保證了採油量的急劇增長。從1920年起，石油工業遵照偉大的斯大林所製定的計劃開始了新的社會主義發展的時期。

這個時期的基本特征是開始按照每一個油田的物理性質把它當作一個整體來有計劃地進行開發。這一點反映在蘇聯個別油區的發展速度和特性上。

從1920年起，與巴庫石油工業發展的同時，在蘇維埃年代里很快地發現並有計劃地發展了其他過去尚未開發或開發甚微的油區。在這個時期內，除去在老油區開發了一些新礦區和新油層以外，還陸續開發了一些新的油區：土爾克明尼亞、中亞細亞、庫頁島、烏拉爾西麓、伏爾加流域和達格斯坦等；在蘇聯其他地區進行着勘探工作。鑽井工作的規模急劇的擴大着，而且在巴庫以外的新油區上，鑽井工作的比重也和採油量一樣不斷地增大着。

从1871年起至国有化止，全俄鑽井总进尺为3704000公尺，其中巴庫佔2995100公尺。

从国有化到1937年，总进尺是6032300公尺，其中巴庫佔3979300公尺。

採油量增長的速度还要更高。

在国有化以后的最初几年，由於探井的急剧增加，發現了一些产量甚大的新油田。

以巴庫油区的各油田为例可以很好地看出革命以后新油田的發展速度(表1)：

巴庫油区各油田採油量的發展情况(以百分数計) 表 1

油田	年					
	1920—1921	1923—1924	1930	1932	1934	1936
旧矿区：列宁矿区、 苏拉汗矿区、比比- 桑巴德矿区、比那 卡金矿区和阿尔傑 姆島矿区.....	100	98.4	82.1	78.5	49.4	46.7
新矿区	—	1.6	17.9	21.5	50.6	53.3

斯大林同志在第十七次党代表大会上作了应在东部地区开发祖国第二个石油基地的指示。为了实现这个指示而进行的斗争，早在1936年就保证了在东部地区諸油田上(巴什基利亚、烏拉尔、爱姆巴)达到很高的採油量。新油田(塞茲藍油田及布古路斯蘭油田)的开发使得这些地区的採油量更为增加。在日古里，基涅里河沿岸，爱姆巴和韃靼，繼續發現和掌握了許多新油田，在杜瑪茲最后又在薩拉托夫地区發現和掌握了含油量很大的泥盆紀油藏，这些油田的發現，最終地

巩固了伏尔加河与烏拉尔山之間無愧現時称作第二巴庫的巨大石油基地。

1941—1945年的偉大衛國战争，使苏联石油工業的蓬勃發展暂时停止了下來。由於希特勒匪帮的侵入，克拉斯諾达尔边区的石油矿場完全停止了生产，格罗茲內地区的石油工業陷於癱瘓状态，从巴庫地区把原油及石油成品运到国家中部地区也很困难。尽管有这些困难，然而苏联的石油工業光荣地經受了这场严重的考驗，仍能充分地滿足前綫及后方对石油成品不断增長的需要，从而对粉碎希特勒德国作了不小的貢獻。

在偉大的衛國战争(1941—1945年)胜利結束后，苏联的石油工業很快地就恢复了，並以更大的信心繼續向前發展，以便胜利的完成偉大的斯大林所提出的任务：要在1950年供給国家35400000吨石油，而在最近几个五年計劃內使石油年产量达到60000000吨。

第 2 节 苏联的採油工艺与技术

除了石油工業在国有化以后於本質上所發生的显著变化以外，石油工業技术基础的根本改造以及随后的發展，也大大的促进了石油工業在斯大林五年計劃內的繁榮。

在鑽井方面，旧的頓鑽法迅速地完全被新型的旋轉鑽法所代替。因为旋轉鑽法既經濟又能保證較容易地鑽达从前所不能到达的深度，因此能使愈来愈深的油層得到開發，並且使用这种方法鑽深达2000甚至於3000公尺的井时，鑽进速度比用旧的頓鑽法鑽深度仅100—200公尺的井时还要快。

苏联工程师——苏联科学院通訊院士 M. A. 卡边留什尼

可夫教授所發明的、后来又經過天才的苏联工程師 П. П. 舒米洛夫改進的、現代新型鑽井法——渦輪鑽井法的推廣大大的簡化了深井鑽井工作。

還在革命以前，Д. В. 戈魯貝特尼可夫教授及其他人在對阿普謝龍半島及其鄰近地區的各油田作了詳細的地質研究以後指出，里海海底及其濱海地區拥有丰富的石油資源。但在革命以前為掌握這些財富所作的努力未能收效。只在礦場國有化以後，巴庫石油工作者才在 С. М. 基洛夫領導之下實現了天才的盲工程師帕托茨基關於填沒比比-愛巴德海灣的大膽設計。從此巴庫區石油工業才得到了新的巨大礦區——伊里奇海灣。

在以後的年代里，苏联工程師們研究出了掌握海洋區域甚至遠离海岸區域的新方法——建設海面棧橋和設立構樁式或整體安裝式的海底基座，用來安裝鑽井設備，用定向鑽井法在一個井台上鑽許多斜井。這就使得許多海上油礦得以出現（如在比比-愛巴德海灣及阿爾傑姆島附近）。

採油技術在這個時期亦有極大改進，在油礦國有化後不久，陳旧的吊筒就完全被現代的深井泵所代替。

氣舉採油技術也不斷地得到改進。採用了俄國教授基赫維斯基所發明的天然氣氣舉法，這個方法能使油氣損耗減到最少，並能保證從氣體中回收汽油。

由於礦藏深度和壓力增大，制成了能耐高壓的新型特殊自噴井井口裝置。這樣無控制自噴的現象就逐漸減少了，它被認為是一種災禍性的事件。

極大部分油礦已經電氣化。

油礦上的輔助事業和本國的機械製造基地也正在發展

着。机械制造业的发展使石油工业摆脱了必要设备依靠进口的现象。

油矿工作技术不断在进步；新的工艺过程——井底化学处理、以及增强液体流入油井的其他方法在发展着；保证从能量已经消耗和低产量油田中取得额外油量的二次采油法被广泛地采用着；油矿上有了最新的控制测量仪表，从而可以保证对各井确定出最有利的工作制度；油矿上的最繁重工作正在机械化与自动化；整个采油过程的各项工艺技术都有了巨大的改进。

围绕油矿事业各项基本问题广泛展开的大量科学研究是这些进步的基础。已逝世的 И. М. 古勃金院士是这项巨大的创造性工作的倡议者和鼓舞者，他是苏联第一所国立石油研究所的创始人，他是石油高等专门教育（起初是在莫斯科矿业学院，然后是现今以他的名字命名的莫斯科石油学院）的奠基者。

在 И. С. 列依本森院士领导下，原国立石油研究所和他个人，对油矿事业中的各项问题作了很多研究。他与他的学派在地下油、气水动力学方面的经典著作，是在开采油气田时在其中所发生的现象和过程方面的现代科学概念的基础。莫斯科石油学院设计研究室对这些著作在实用方面的进一步发展，创造了有科学根据地对油气田进行开发设计的方法。

现在全苏联普遍地建立了石油工业的科学研究机构和设计机构，同时还设立了初级、中级和高级的石油专门学校。这就进一步加强了科学在石油生产上的指导作用，并且毫无疑问地有助于石油工业各部门工作人员的技能和水平的提高。

这也就促使了工人羣众的创造性的發揮，因此石油工業每年都實現了能促使石油工業全面發展的、有价值的大量合理化建議与發明。

所有这些之所以成为可能、只是因为苏維埃政府和党对石油工業經常給予了特別的关怀和注意。

第 3 节 採油事業的当前任务

苏联的石油儲量佔世界第一位。

石油工業的主要任务就是有計劃地並完全地利用这些資源。全部資源还远远不是都已經进行了詳細的勘探並完成了投入生产的准备工作。而且就在完成了准备工作与正在開發的油田中，也还有大量的資源未被利用。

要採出这些資源，就要利用大量的停歇井，要採用有效的油田開採方法，要充分的利用技术，並且要很好的組織整个採油过程。

目前給我們的油矿裝備了大量的現代化設備。各工厂每年都在增加这种新設備的种类。

不但是这样，而且我們过去和現在都有生产率很高而設備却很平常的典范。这些在鑽井方面特別显著，在鑽井方面可以找到許多进尺速度远远超过長期被認為是世界榜样的美国的一些进尺速度。在採油方面也有不少的优秀工作范例。

在国民經济各部門中經常开展的强大的斯达哈諾夫运动，証明了工作成就不仅仅要依靠設備的性能，而且还要依靠劳动組織与工艺过程本身。經常可以看到：寻找到新的工作組織形式就可以获得巨大的成效，相反的，工作中的保守性、落后的組織形式、忽略使用新的工艺与技术，就一定会