

採油工程

蘇聯 伏·莫·穆拉維堯夫著
曹世興 程守箴譯



燃料工業出版社

採 油 工 程

蘇聯 伏·莫·穆拉維堯夫著

曹 世 興 程 守 箴譯

蘇聯勞動後備部專業技術教育委員會審定作爲
石油初級技術學校教本

燃 料 工 業 出 版 社

一九五三年十二月·北京

內 容 提 要

本書以淺顯的形式，敘述了近代採油工作過程的原理和油礦各個經營管理部分的情況。

本書經蘇聯勞動後備部核准，作為各初級技術學校教本，同時還可用作採油操作員技術進修班的教材，和供油礦工作人員工作參考之用。

* * *

* *

* *

採 油 工 程

Эксплуатация нефтяных скважин

* 根據蘇聯國家燃料技術出版社(Гостоптехиздат)1951年莫斯科俄文增訂第二版翻譯 *

В. М. Муравьев 著

曹 世 興 程 守 箴 譯

燃 料 工 業 出 版 社 出 版
(北京東長安街中央燃料工業部)

新華書店發行 北京市印刷一廠排印

編輯：楊億美、校對：趙迦南 符坤珍

書號：123 * 25開本 * 512頁 * 263,000字 * 定價：21,000元

一九五三年十二月北京第一版(1—5,000冊)

版權所有★不許翻印

目 錄

第 一 章	導 言	5
第 1 節	蘇聯採油發展簡史	5
第 2 節	地球簡史	8
第 二 章	石油和油田概念	12
第 1 節	石油是什麼	12
第 2 節	石油起源	18
第 3 節	油田概念	20
第 4 節	油氣	22
第 5 節	油田水	24
第 三 章	油層物理性質	26
第 1 節	含油岩層的物理性質	26
第 2 節	油層壓力和溫度	27
第 四 章	開採油田的基礎	32
第 1 節	油層能力來源	32
第 2 節	油田驅動	34
第 3 節	油田的開採	40
第 五 章	油井採油的準備工作	45
第 1 節	油井採油方法	45
第 2 節	油井套管程序	48
第 3 節	鑽開油層	50
第 4 節	井底設備	51
第 5 節	誘導油流和試井	54
第 六 章	試 油	59
第 1 節	油井產油率	59
第 2 節	試驗油井	62
第 3 節	亞可夫列夫測井機	67

第4節	油井產量的技術標準概念	72
第七章	噴油井採油法	74
第1節	油井噴油原因	74
第2節	出油管	76
第3節	噴油井的井口設備	77
第4節	調節自噴	83
第5節	油氣分離器	86
第6節	試測噴油井及確定其工作制度	89
第7節	噴油井的管理	91
第8節	防止噴油井結臘	93
第9節	事故性的突噴	97
第10節	噴油井採油的安全技術和防火辦法	97
第八章	壓縮機採油法	100
第1節	空氣（氣體）昇降裝置作用原理	100
第2節	昇舉系統	101
第3節	壓縮機採油井的井口設備	104
第4節	壓縮機採油井開井採油	107
第5節	降低起動壓力的方法	110
第6節	工作媒介物分配系統	115
第7節	配氣站設備	117
第8節	壓縮機及壓縮機站	122
第9節	氣舉及氣舉周期	125
第10節	壓縮機間歇採油法	128
第11節	試測壓縮機採油井及確定採油制度	133
第12節	壓縮機採油法的缺點，辨別和克服缺點的辦法	137
第13節	壓縮機採油井的管理	141
第14節	壓縮機採油的安全技術	145
第九章	深井泵採油法	146
第1節	深井泵工作原理及深井抽油設備簡圖	146
第2節	深井抽油設備能力	148
第3節	降低深井抽油設備能力的因素	149

第4節	深井泵	155
第5節	深井泵零件	164
第6節	深井泵的保管、運輸和修理規則	167
第7節	深井泵進油設備	169
第8節	抽油管	174
第9節	抽油桿	176
第10節	抽油井的井口設備	178
第11節	磕頭機	180
第12節	磕頭機的平衡	190
第13節	深井泵抽油井的成組採油法	193
第14節	深井抽油設備傳動用的發動機	199
第15節	試測深井泵抽油井	200
第16節	深井泵工作的動力測量	204
第17節	選擇深井泵採油設備及確定其工作制度	209
第18節	深井泵採油的特點	216
第19節	深井抽油設備的管理	220
第20節	深井泵採油的安全技術及防火辦法	223
第21節	不帶抽油桿的深井泵	225
第十章	增加油井產量的方法	228
第1節	井底化學處理	228
第2節	油井爆炸工作	231
第3節	爆炸穿孔	232
第十一章	提高油層採收率的方法	234
第1節	保持油藏的壓力	234
第2節	二次採油法	239
第十二章	收集和輸送油氣的礦場設備	243
第1節	油礦的管線設備	243
第2節	原油的收集	249
第3節	原油脫乳花	255
第4節	原油產量的計算及其移交辦法	258
第5節	氣體的收集及其利用	260

第十三章	油井井下修理	262
第1節	總論	262
第2節	吊昇設備	264
第3節	游動機械	267
第4節	游動鋼絲繩及提撈鋼絲繩	272
第5節	吊昇機械的輪繩道數	274
第6節	吊車	276
第7節	起下管子和起下抽油桿所用的工具	278
第8節	油井井下修理的準備工作	282
第9節	油井井下修理的起管下管操作	284
第10節	深井泵抽油井井下修理的特點	286
第11節	清除砂堵	292
第12節	沖洗砂堵	294
第13節	油井大修	300
第14節	井下修理的安全技術	302
第十四章	油礦勞動組織	306
第1節	油礦生產系統	306
第2節	採油工作隊	308
第3節	井下修理工作隊	309
第4節	綜合工作隊	310

第一章 導 言

第 1 節 蘇聯採油發展簡史

自古以來，人類就知道有石油。遠在紀元以前，有許多國家就將石油用在照明和醫藥上。那時，巴庫是唯一的供油地區，巴庫的韃靼可汗，在幾百年內，和所有鄰近的國家做過大宗的石油交易。俄羅斯的商人們，在伊凡第四的時期，已經開始將石油運往莫斯科了。

當時的採油技術還停留在非常幼稚的階段。

人們在地面上靠近油層露頭的地方，用人工掘成淺井，完全利用土法採油；用手搖或馬拉的方法轉動轆轤，將積聚在井內的石油用桶提撈出來。

自一八二〇年起，由於包採石油制度的興起，於是石油開始落到個別企業家的手中。企業家們殘酷地剝削了本地的居民，他們由石油經營中，獲得了大量的利潤，但是採油技術却依然停留在以前的水平上。

在俄羅斯石油工業發展的初期，人們利用石油作燃料用，或是製成劣質的煤油供照明之用。在這個時期，俄羅斯的石油總需要量是很低的，因為當時一切工業部門還未發展起來，主要的燃料，還是靠着煤和木材。

一八四六年在巴庫區鑽成了第一口油井。

直到十九世紀的七十年代，俄羅斯的石油工業才開始蓬勃地發展起來。由這時起，就開始了俄羅斯石油工業發展的第二個時期。這一時期一直繼續到一九二〇年石油工業國有化為止。在這一時期內，石油產量才很快的增加起來了。

如果由一八二一年至一八七二年這五十年中，俄羅斯的總產油量是 38.8 萬噸，那麼在一八七九年這一年中，就採油 40.2 萬噸。

此時油井的數目已經增加到 300 口了。

一八九三年在格羅茲內鑽了第一口力量強大的噴油井。一九一〇年至一九一一年，開始大規模地開採麥闊普區和恩巴區的油田了。

一九〇一年俄羅斯的產油量佔全世界產油量的第一位。這一年俄國共採油 1150 萬噸，已經達到了最高記錄。此後產量就開始降低，一直到採油國有化時期，從未超過一九〇一年的產量。

在採油工業發展的這個時期裏，俄羅斯的鑽井技術是處在非常低的水平上，這時主要的鑽井方法是採用頓鑽，此法是使用重的鑽頭，不斷地鑿打井底，鑿碎了的岩屑，和水混合到一起，成為泥漿，然後用撈砂筒（下部帶凡耳的長桶）將半液體的泥漿，由井中提撈出來。

在進行頓鑽時，為了防止井壁塌陷，必須往井中下幾排管子，鑽 100 公尺深度的井，需要的時間是一年至一年半。

這一時期的採油技術，也是處在很低的水平上。自噴時在短時間內，由地面噴出大量的石油和天然氣，但是大部分的石油都失掉了。一部分滲入地中，一部分蒸發於大氣中。而天然氣則全部揮發於大氣中。

在油礦上，一面用自噴法採油，同時也利用土法採油所遺留下來的用撈砂筒進行採油的方法。

利用蒸汽機帶動的滾筒，將撈砂筒由井內提出來，這種利用撈砂筒採油的方法，稱為提撈法。

由一八九七年起，巴庫各油礦首先開始使用世界採油工業上最新的壓縮機採油法。這種採油法是天才的俄羅斯工程師 B.Γ. 舒禾夫研究出來的。

此外還作了創造噴油井井口裝置的初步嘗試。

在某些油礦中也採用了電動機，作為提撈法採油時的動力機，在巴庫和格羅茲內建設了大規模的煉油廠。

但是蘇聯石油工業真正的繁榮時期，還是由偉大的十月社會主

義革命以後才開始的。自一九二四年開始，部分地恢復了內戰時期被破壞了的各油礦以後，就不斷地改進了鑽井和採油的技術。

頓鑽法整個被新的旋轉鑽井法所代替了。旋轉鑽井法是利用鑽頭不斷地旋轉，鑽透岩層，因而造成油井的進尺。利用沖洗液不斷地循環，將碎岩屑帶到地面上來。

這種鑽井方法，可以將防止井壁塌陷而下入井中的管子排數縮減很多，同時旋轉法的鑽井速度，在一個月至兩個月的期間，就可以鑽 1000—1500 公尺的深度。這種深度是頓鑽法絕對不能達到的。

採油技術也急劇地變更了。

幾年以來，油礦上就採用了深井泵採油法。大部分油礦，已經電氣化起來，同時還改進了壓縮機採油法。

利用土築的露天油庫儲油，幾乎全部取消了，改建了油礦整個的運油系統。石油由油井出來，經過鋼管打入儲油罐中，這樣，就使石油蒸發的損失，減低到最小的限度。

根據高壓計算出來的新型噴油裝置發明後，油井噴油不僅成為稀有的事情，而且還認為是一種事故。

從此油礦成為一種高度發展的整體事業了，它不僅包括了採油和轉注石油的一切設備，同時還擁有大規模的修理基地，以及運輸、電力、蒸汽和給水等等系統。

由於油井的鑽井和採油技術的發展，不斷地提高了石油產量，同時還加入了一些新的油田。

蘇聯一九二七年的產油量，就已經超過帝俄時代一九一三年的產油量，而第一次五年計劃，在兩年半的時間內就完成了。在偉大的衛國戰爭以後，石油工作者獲得了很大的成績。

偉大的十月社會主義革命以後，發現了大量的新油田。在巴庫和格羅茲內的舊油田上，又發現了新的深部油層。在烏拉爾山脈西南兩麓區域中建設石油基地的問題，也得到了很好的解決。

由於蘇聯石油工業急劇地發展，必須不斷地補充新的工人幹部。在培養新幹部方面，職業學校起着很大的作用。擺在職業學校

面前的一項重要的任務就是：培養熟悉現代油井採油方法及善於管理採油機械的高度熟練的石油工業工人。

第 2 節 地球簡史

地球構成的歷史，直到現在還是一件不清楚的事情。關於這個問題，只有不同時間內學者們的一些推測或假說。這些假說中，無可置辯地有着近似真實的一點，就是地球最初是一個巨大的白熱的氣體球，後來逐漸散熱而凝結為液體。

• 熔化的地球，表面逐漸變冷，由液體變為固體，上面有殼遮蓋着。這個殼最初很薄，由於地球熔體所生的氣體和蒸汽壓力的作用，忽而在此，忽而在彼，不斷地發生破裂。其後此殼由於下面較深各層變硬，以及上面薄層突破時流至表面的熔岩變冷的關係，逐漸凝固而增厚，這時在地球表面形成的破裂，已是比較稀有的事情，只有在個別地方，才能形成這種破裂。

因為這些破裂以及和破裂有關的熔岩的噴出和流出，在整個地面上不是均勻發生的，所以地殼也就漸漸變為不平，在上面蓋着類似由熔岩形成的地面凸出部分和低窪部分。

這是最初的大陸和海洋的輪廓，不過那時地球上還沒有水，當時地殼的溫度，還高於水的沸點，所以水都像蒸汽一樣，存在於大氣中，而落到地面上的雨水，却又即刻變為蒸汽了。

以後地球繼續冷卻，落到地面上的雨水，不能全部蒸發，逐漸地填滿了低窪部分，就成為海洋了。

此種地球原始的狀態，繼續的時間很久，大概比以後各時代加到一起的時間還長得很多。當時在地球上還不可能存在生物，大陸不過是冷卻的熔岩形成的地面，並且有着高低不平的表面，海裏面的水也是熱的。

由於地球的冷卻，地殼的破裂比較稀少了，海洋也隨着冷卻，於是在水中才出現了原始的生物。

最簡單的原始生物，大概是膠體蛋白質的圓塊，由於無限的、

長時間複雜的演變，就發展為生物——動物和植物。

關於古代的生活方式，根據構成地殼的岩石層裏面所遇到的動物和植物的礦化物遺體或化石，我們可以判斷出來，研究化石後，證明了從前地球上的生物和我們現在所見的，迥然不同。根據化石的研究，我們可以判斷出何種岩層是先成的，何種岩層是後成的，同時我們還能把水成岩的沉積年代分別出來，換句話說，雖然古代還沒有人類，也沒有學者編出古代生活的年代記，但是我們可以根據構成地殼的岩層和化石解釋地球自古以來的歷史。

由地球的歷史中，我們可以看到，在不同的年代和不同的地方，一方面由於海洋的侵襲，吞噬了大陸上龐大的面積，而另一方面，則由於海洋的退却，又增加了大陸的面積。

現在的大陸上，有很多砂層、粘土層和石灰岩層含有海產動物的化石（貝殼、魚骨和蟹殼等），這就足以證明從前這些地方是海洋。

例如，現在已經證明蘇聯領土內的歐洲部分，其中絕大部分在古代是海洋，當時黑海和裏海是通着的。

江河的流水，經常使它流經的岩石發生破壞，並將類似淤泥和潤濁物質的岩石細屑沖往他處。當江河氾濫的時候，江河破壞岩石和沖走岩石的作用，急劇地增強了。這樣破壞下來的岩石，一部分沉落到河底，另外一部分就沖往海洋中去。

江河搬運着潤濁物質，同時使海洋每天也破壞了它的邊岸，又將破壞的物質，移往他處。

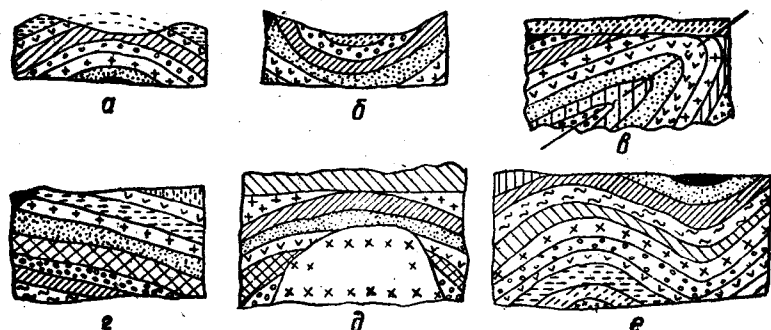
根據上述各點，可見水成岩是最初構成地殼的主要岩層破裂的產物（沖刷和風化）。主要岩層或稱火成岩，現在在許多地方，特別是在山地，還有露在地面外的。一般地，在各地火成岩上，都蓋有較新的岩層和土壤。屬於主要岩層的計有：花崗岩、玄武岩、正長岩和斑狀岩。屬於殘碎岩或稱水成岩的計有：粘土、砂粒、砂岩、石灰岩、泥灰石和頁岩。

自地球上有生物的時候起，直到現在，已經過了幾萬萬年了。

在這樣長的時間內，地面不斷地在變化着。

地球上各時期所發生的形成褶皺變化和造山變化，都是由於某種內力使地殼運動所致。由於這類破壞地殼構造和引起原始成層破壞的運動，使岩層改變了原始的情況：有的上昇，有的下降，有的傾斜，並且彎曲而成褶皺。

如果我們注意褶皺裏面的同一岩層，就可以看到岩層上昇，逐漸折曲，成為穹隆，以後又下降。其他岩層，無論是在這層的上面或是下面，都重複這一彎曲（見第1圖）。



第1圖 褶皺形狀

a—正背斜層；b—向斜層；c—倒轉背斜層；
d—單斜層；e—閉合鹽丘；f—褶皺系統。

向上突出的褶皺（折曲），稱為背斜層。向下折曲的褶皺，稱為向斜層。

在折曲中間的岩層部分，叫作褶皺的翼。

一個完全孤立的褶皺，是很少見到的，一般地，在一個褶皺後面，接連着第二個褶皺，第二個褶皺後面是第三個褶皺等等，就像烤蘋果上面的皺紋一樣。

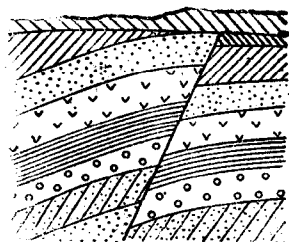
褶皺的形式很多，有時是圓的，有時是輕微的折曲，有時是顯著的折曲。時常可以遇見被斷裂所破壞的褶皺，在發生這種斷裂時，褶皺的一部分掩到另外一部分的上面，或是向上移動，就形成

了所謂斷層（見第2圖）。

學者將整個地質史分為若干代和紀，每一代和每一紀都繼續了幾千萬年或幾萬萬年，而以當時地球上各樣動物和植物為其特徵。這些動物和植物是我們根據水成岩中的化石和遺體所判定的。

學者利用各種完全精確的方法，計算出每一紀和每一代的時間。

由最初形成大陸和海洋時算起，地球存在的總時間為15億至20億年。



第2圖 斷層

第二章 石油和油田概念

第 1 節 石油是什麼

地下蘊藏有大量的礦產：煤、泥煤、鐵、銅、錫、鉛、貴重金屬以及其他礦物等等。這些礦產在地下是成固體的，對於人類生活起着很大的作用。人們利用露天設備或坑道設備（露天採場、礦井和水平坑道）採掘礦產；在開採礦層的附近，人們操縱着機械，將礦產從它周圍的岩層中取出。

石油是液體的礦產。

採石油的方法和採掘固體礦產的方法迥然不同。採石油時必須鑽井——直徑較小的深溝，使油層和地面相通，然後才能將油取到地面上來。

油層內永遠具有某些自然的能力，由於這些能力的作用。石油流向井底，並在井中昇至某種高度。如果油層內的潛力很大，石油就不用借助於人們補充的任何壓力，也能由井中湧出地面，換句話說，就是可以看到噴油的現象。如果油層內潛力不大，那麼只可利用各種機械由井中取油了。

所以在油田採油時，人們不能直接觀察地下以及油層內所發生的情況，却需要由地面上檢查和管理一切有關採油的過程，同時利用各種深井機械和計量儀表，並且使用各種對於油層發生影響的方法。

因為油層蘊藏在地下很深的地方，而油井的直徑又是很小（200公厘以內），使井下設備的尺寸也受到了限制，於是更增加了開採油田的困難。

石油的化學成分，是碳和氫兩種主要元素的複雜化合物，這一類化合物，在化學裏面叫碳氫化合物。

現在已經知道碳氫化合物的數目很大，這些化合物彼此間不同

之點，就在於碳原子和氫原子彼此間相結合的性質，以及分子內所含這些原子的數目。

因此在大氣壓的條件下，有些碳氫化合物是氣體（油氣），另外一些碳氫化合物則是液體，還有些碳氫化合物在正常的條件下是固體。差不多在各種石油中都含有不同數量的石蠟，就是屬於固體碳氫化合物的東西。

在一般的油層條件下，固體和氣體的碳氫化合物，主要地都溶解於液體碳氫化合物裏面，只有在溫度和壓力變化的時候，才能將其由液體中析出。

在各種石油中，除了碳和氫之外，同時還能找到小量的氧、硫和氮。

根據石油裏面所含的某種碳氫化合物的多寡，我們可以將石油按照商品性質分類，這樣，就分成了輕油（汽油類和一般油類）和重油（瀝青類）。

石油的商品性質，是根據化驗室內分餾石油的結果而決定的。

如果將石油加熱，石油即開始蒸發，這時先蒸發出來的是石油成分中最輕的碳氫化合物，沸點也較低，以後繼續加熱，就開始蒸發較重的部分了。

當蒸汽冷卻後，石油冷凝為液體，我們根據分餾時加熱的溫度，將其分為汽油，輕散油或煤油。在一定溫度的界限以內蒸發出來的餾分，在石油中所佔的百分率，就是石油的分餾率。

如果石油內含硫很多，這種石油稱為硫磺石油。硫磺石油能損壞油礦設備，就是因為硫化物對於金屬有腐蝕作用的關係。由硫磺石油中產生的蒸汽和氣體，吸入人體內也是非常有害的。

所以採硫磺石油時，必須使用專門預防的辦法，以防止設備腐蝕和工作人員中毒。

石油按照含硫量可以分成兩種：1. 含硫量低的石油——含硫量不超過0.5%；2. 含硫量高的石油——含硫量多於0.5%。

石油也可以按照膠質的含量分類。

根據含膠性，石油可以分爲三類：1. 含膠低的石油——含膠量不多於8%；2. 膠質石油——含膠量由8—25%。3. 含膠高的石油——含膠量超過25%。

由於石油中含有大量的膠質和瀝青化合物，時常使石油的流動性減低，所以必須使用特殊的方法，才能將石油取出來。

絕大部分的石油裏面，含有或多或少的石臘。採油時，遇到含有大量石臘的石油，時常發生困難。因為溫度低於40°C—50°C時，石臘就由石油中析出，固着在井壁上，成爲稠密的物質，使管子堵塞，這樣就使採油工作發生枝節了。

按照石臘的含量，石油可以分爲下列三種：1. 非石臘系石油——含石臘在1%以內；2. 弱石臘系石油——含石臘1—2%；3. 石臘系石油——含石臘2%以上。

除了知道石油的化學成分和按照商品性質的分類以外，同時還要知道它的主要物理性質，例如：比重、粘度、電導能和熱的性質等等。

在油礦內對石油作初步的鑑定，是按照比重來決定的。

根據物理學中的知識，我們知道物體的比重對於物體的重量及體積，成下列的關係：

$$\gamma = \frac{g}{V},$$

式中 γ ——物體比重；

g ——物體重量；

V ——物體體積。

實際上，一般所用的石油比重，是在溫度15°C時，以某些體積的石油重量，除以同等體積的水的重量，所得出來的。

石油的比重變化很大，約在0.78—0.98之間，而水的比重則等於1。

計量石油比重的最簡單的儀表是比重計，油礦上一般地都使用比重計。