

采油工初級讀本

第一分冊

石油工业出版社

內 容 提 要

在石油工业大躍进的形势下，为了初步滿足大量培訓采油工人的需要，我社將以分册形式編輯出版“采油工初級讀本”。这个讀本將分六册出版。

本書重點介紹采油基本知識和技术。第一分册包括五章，講油田基本概念，石油、天然气和油层的物理性質，采油物理基础和油井完成等等。第二分册叙述自噴采油和氣舉采油。第三分册介紹抽油。第四分册講注水、注气和二次采油法。第五分册叙述修井和增产。第六分册介紹油气收集等等。

本書是短期培訓采油工人的教材。內容淺显易懂，文字通俗，並尽量采用立体图，適合具有高小文化程度的采油工人閱讀；同時每章后面附有复習思考題和教学參考書，对教学有很大帮助。

本書也可供一般采油工人自学和參考。

統一書号：T15037·646

采 油 工 初 級 讀 本

第 一 分 册

*

石油工业出版社編輯出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張1 $\frac{1}{4}$ * 26千字 * 印1—4,000册

1968年12月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.17元

出版說明

我国社会主义建設正在全面大躍進，石油工業也正在以空前未有的速度飛躍發展，在这种新的形势下，石油工業技術力量的培訓就感到迫切需要了。

为了初步解决現場培訓采油工人的需要，我們参考了过去出版的采油方面的書籍，以及新近出版的石油工業技術革命叢書和我們掌握的技術革新材料，編写了一套“采油工初級讀本”，分冊陸續出版。这套讀本的編写工作，是在很短的時間內完成的，由于時間蒼促，加之我們水平有限，可能有些不妥或不切合教學实际的地方。希望各單位在实际教學中經常給予补充和修正，把修正本寄給我們，以便再版時參考修訂。

應該說明，这个“采油工初級讀本”，只适用培訓新工人和三級以下的采油工。至于培訓高級采油工，可暫時使用我們即將出版的“綜合采油工程”。

石油工業出版社

1958年11月

目 录

出版說明

我国采油事業的發展簡史	1
第一章 油田基本概念	3
第1节 什么是油田	3
第2节 油田是怎样形成的	5
第二章 油層的物理性質	8
第1节 孔隙率	8
第2节 渗透率	9
第3节 油和水的飽和度	10
第4节 油層压力	10
第三章 油田驅动	16
第1节 什么叫做油田驅动	16
第2节 油田驅动类型	18
第四章 石油和天然气的主要物理性質	22
第1节 比重	22
第2节 粘度	24
第3节 溶解度和飽和压力	26
第五章 油井采油前的准备工作	28
第1节 油井和井身結構	28
第2节 油井完成	30
第3节 試油	34

我国采油事业的发展簡史

我国采油事业的发展已有了很長的历史。为了容易叙述起見，可以分为三个时期。

第一个时期是从开始到十九世紀末。

远在 1800 多年以前，著名的历史家班固就在他的历史著作“汉書”（記載公元前 206—23 年的历史）中写道：“高奴县有洧水，肥可燃。”“高奴”以前叫作“膚施”，就是我們的革命聖地延安。“洧水”就是現在所說的石油。这就是說，从我們祖先發現石油起，至今將近 2000 年了。

古时的采油技术是非常簡單的，多是在油層露出地面的地方，掘成圓坑或淺井，用勺或桶撈油。

1521 年，我国劳动人民在四川打的一口鹽井曾流出了原油。由于井比較深些，开始用轆轤吊油。四川吊油的設備是在井口立兩根木柱，上架一根橫木，橫木上裝滑輪，另在地面裝地滾子等設備。吊油时用竹繩系竹筒，通过地滾子、滑輪下到井中，用牲畜拉來吊油。这样的方法延續了很多年代。

第二个时期是从廿世紀初到解放以前，旧中国石油工業資本主义發展时期。1907 年，滿清政府雇用日本技師用机械設備在陝北延長打成了一口油井，初期自噴日产量最高达 6 吨，以后又进行抽油，这是抽油法在我国的开始。

1938 年独山子探井出油。1939 年甘肅玉門老君庙油田出油。采油方法大都是自噴或抽油，并已开始机械化，在自噴井井口裝上了鋼質井口裝置，控制油井出油，在抽油井上

裝上了抽油機抽油。但采油技術水平还是很低的，根本沒有進行過油井的增產措施。

我國的石油資源是豐富的，勞動人民是勤勞勇敢、而且聰明的。但是，由於封建制度的長期束縛，帝國主義的侵略，以及反動統治階級對外的奴顏婢膝和對內的慘酷壓迫，我國采油事業一直沒有發展起來，從1907年清朝政府在陝北延長用機械設備鑽成第一口油井起，直到1948年全國解放前止，42年中，總共生產了278萬噸石油。

第三個時期是從解放到現在。解放以後，黨和政府十分關懷和重視石油工業的發展。在解放9年來，我們在各社會主義國家特別是蘇聯的援助下，大力開發了已有的油田，並發現了象克拉瑪依、龍女寺、南充、蓬萊鎮等許多大油田，年產油量由1950年的20多萬噸，到1957年已提高到143萬噸，1958年的產量將達200萬噸。

1954年開始在老君廟油田施行邊緣注水。大大地提高了采油技術水平。數年來，從水處理到提高注水井注水量都有了一套比較完整的經驗，成功地掌握了油井壓裂這一有效的增產措施。特別是經過整風和反右派鬥爭，以及總路線的學習，全體職工的干劲沖天，大搞技術革命和文化革命，創造了一套“中國式”的油田開發和采油體系。

對自噴井的井口裝置，因地制宜地進行了改裝，把閘門由9個減到3個、2個甚至1個；用木製采油井架代替了鋼鐵井架，用輕便的牙輪抽油機代替了使用了百餘年沒有改進的，笨重的磕頭式抽油機，以油桶製造的油氣分離器代替了高大昂貴的油氣分離器；採用了密閉輸油系統；創造了煙道保溫、坑道輸油和水泥油池；等等。這些革命的成就標誌着

我国的采油事業已进入新的發展阶段。我們相信，在偉大的共产党和毛主席的领导下，我国的采油事業将会出現更大的躍进。讓我們鼓足干劲，苦干加巧干，大力开展技术革命和文化革命，为祖国生产更多的石油吧！

第一章 油田基本概念

第 1 节 什么是油田

什么是油田？簡單地說，是指經過勘探証明，有工業开采价值的一个構造中的一个或几个油藏的整体而言。更通俗一点講，可以說是石油开采的一个單位地区。为了更明了起見，下面进一步把有关油田的一些基本內容簡單地加以講述。

首先石油是存在于地下深处的岩石中，这些岩石中有很多孔隙，就象一堆麦子，在麦粒和麦粒之間有孔隙一样，石油就貯存在岩石的这些孔隙里面；但有些岩石，它們里面不仅有孔隙，而且还有比較大而長的縫子，这些縫子在石油構造內的專門名詞叫做裂縫，石油也貯存在它們里面。圖

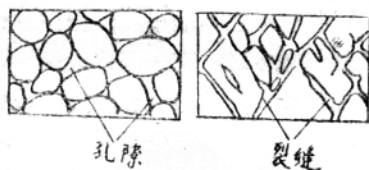


圖 1 岩石的孔隙和裂縫

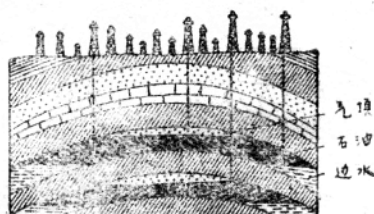


圖 2 油田的簡單情况

1 的左圖所示是岩石的孔隙，右圖所示是岩石的裂縫。

有孔隙或裂縫的地層，里面貯有石油，我們就把它叫做儲油層或簡稱油層，儲油層可以很長很廣，它直接含油的部分，應該叫做油藏。如果在某一油層的上邊或下邊，再沒有其它油層，我們就把這一油層或油藏，叫做單層油田；如果在油層的上邊或下邊還有其它油層，互不連通，那我們就把它叫做多層油田。所以，一個油田就常常在同一地區內包含一個或幾個油層。

油田面積大小不一，小的有幾平方公里，大的有上千平方公里的。一般地情況下，它們在地下是有聯系的。油田的簡單情況如圖 2 所示。

在油層里面，不但有油而且還有天然氣和水。天然氣是和石油一起生成的。因為油層里的壓力和溫度比較高，天然氣一般都溶解在石油里面；但在有些情況下，譬如壓力較低或天然氣較多時，有一部分天然氣不能溶解到油里去，因為氣比油輕就自然的聚集在油層的最高部分，形成了所謂氣頂（見圖 2）。氣頂下面就是原油，二者常是直接接觸的。

油層里的水，我們統叫做油層水。根據油層水所在的位置，又把它們分成邊水、底水、束縛水和層間水。邊水就是油層

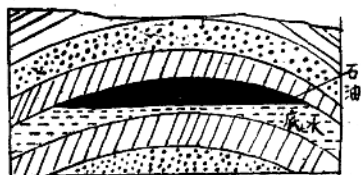


圖 3

邊緣部分的水（見圖 2）；底水一般在油層比較厚的时候才有，它在油藏的下面，如圖 3 所示；束縛水是和石油在一起存在于油藏內部，沒有被石油排擠出去

的水，它們聚集在很小的孔隙里并且多是粘附在岩石的顆

粒上。

另外在油田里可能有含水的地層。如果含水層在油層的上邊，就叫上層水；如果在油層的下面，就叫下層水。也可能在兩個油層之間有一含水層，這個含水層里的水對上面的油層來講就是下層水，對下面的油層來講就是上層水。

油層水和上、下層水統稱油田水。它對油田來說影響很大，常被采油的人所重視。

油田既是一個單元，像老君廟油田，克拉瑪依油田等是可以理解的。往往在自然的條件下，在一個比較大的地區，包含幾個油田，如我國四川的川中油區，新疆的克拉瑪依、烏爾禾區，我們叫做油區。

第 2 节 油田是怎样形成的

上面我們介紹了什麼是油田，什麼是油區。在這一節里我們談談油田是怎樣形成的，並且介紹一下什麼是石油構造。

在很早以前，地面上的岩石由於受風吹雨打、溫度變化和生物活動的影響，逐漸被破壞，在風力和水力的作用下，被搬運到低窪的地方堆積起來，經過壓緊和膠結變成了一種新的岩石，這種岩石我們叫做沉積岩。這種沉積岩有兩個最大的特點：一個是它的成層性質，從表面上看是一層一層的；另一個特點就是有孔隙。

沉積岩在最初堆積時是一層一層地水平鋪着。但這種情況並非永遠不變。地殼內部經常有一種力量使岩石移動變成歪斜和彎曲，這種現象叫做褶皺。按照褶皺的形狀，可以分以下三種：

1. 背斜褶皺，也叫背斜層，岩層是向上彎曲的，形狀如

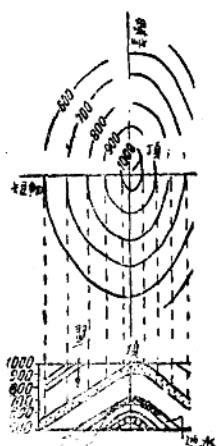


圖 4 背斜層

圖 4。褶皺的最高部分叫頂，向兩邊傾斜的部分叫翼。如果從上面看，背斜層就象厚皮的半个雞蛋壳，圖上的數字表示地層各個部分的高度。如果長軸和短

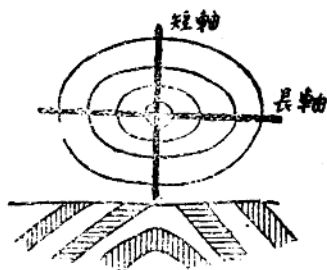


圖 5 穹隆

軸的比例不超過 3:1，形狀有些象窩窩頭，叫做穹隆，如圖 5 所示。

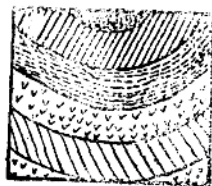


圖 6 向斜層

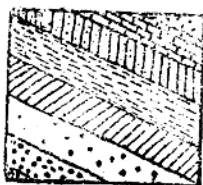


圖 7 單斜層

2. 向斜褶皺，也叫向斜層，地層向下彎曲，形狀如圖 6。

3. 單斜層，地層只是向着一個方向傾斜，形狀如圖 7。

另外，地層有時發生明顯的錯開，褶皺的一部分掩到另一部分的上邊，或向上移動，形成斷層，如圖 8 所示。

以上幾種形狀的地層都適合於貯存石油。

有了适合于贮存石油的地層，还得有油、气游移到这里来，才能形成油田。这些不同形状的地層可以叫做石油構造。

石油和天然气究竟是怎样生成的，这个问题到现在还有不同的说法。根据大多数科学家们的意见，石油和天然气是由古代动物和微生物的遗体形成的。在古代的海湾和大的内陆湖泊中，生长着大量水生生物，这些生物死了以后，便随着泥砂一齐沉到水底。

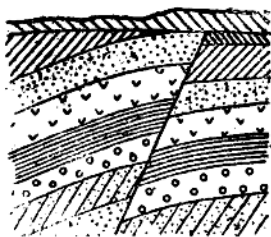


圖 8 断層

地面的生物死了之后，它们的遗体也随着泥砂被水冲到海湾和湖泊的水底堆积起来。这些生物遗体被上面新搬运来的沉积物盖住，在缺乏氧气的环境下，经过种种变化，就逐渐破坏、分解，变成了石油和天然气。

石油和天然气生成之后是分散的，由于它们能够流动，在水的压力的推动下，就在地層的孔隙或裂缝中不断游移，直到遇到适合于貯油的地方，譬如上面談的几种地層構造，就在那里聚集起来，形成了油藏。

适合于貯存油气的地層，在它的上面和下面，还得有不漏油、气的地層，也就說必須有很致密的地層把它們盖起来，否則油和气就会跑掉。这种地層在上面的我們叫盖層；下面的我們叫底層。

至此我們对油田已有了一个初步概念，下面我們比較詳細地介紹一下油田中油層的物理性質，油和天然的物理性質以及油田驅動，以便对油田进行開發。

复 習 思 考 題

1. 什么是油田？
2. 油田水分几种？
3. 油田是怎样形成的？

教 学 参 考 書

1. 采油工程，苏联伏·莫·穆拉維堯夫著，石油工業出版社出版。
2. 普通地質与石油地質，苏联И. Г. 彼尔米揚閣夫等著，石油工業出版社出版。

第二章 油層的物理性質

要了解一个油田有沒有开采价值并且將來怎样最好的开发油田，必須知道構成油田的油層情况。其中主要的是油層物理性質。油層的主要物理性質有孔隙率、滲透率、油水飽和度等，下面我們就分別加以講述。

第 1 节 孔 隙 率

前面已經說过，貯油的地層必須有孔隙或裂縫，否則，就不能貯藏石油和天然氣。所以油層的有孔隙性或者裂縫性是油層物理性質中一个重要的指标。

油層中的孔隙，有些是相互連通的，有些并不連通。石油和天然氣只能从相互連通的孔隙里采出来。根据这种情

况，我們把孔隙率分为絕對孔隙率和有效孔隙率两种。絕對孔隙率就是油層的全部孔隙的体积，包括不連通的孔隙在內，与油層总体积的比值。油層的有效孔隙率，就是油層中相互連通的孔隙的体积，与油層总体积的比值。

这样得出的絕對和有效孔隙率，就是小数。有时用百分数表示，就是把求得的孔隙率乘上 100；而在它后面再加上个百分号。譬如有效孔隙率等 0.2，如用百分数表示就是 20%。

油層有效孔隙率的变化是很大的，砂層一般是 18—35%，砂岩層一般是 13—28%。

油層的孔隙率由試驗室用井中取出的岩样进行測定。

第 2 节 滲 透 率

油層的滲透率表示液体流过岩石的难易程度，也是油層的一个重要特性。不难想像，如果地層只有孔隙，而不互相溝通，会給我們采油造成很大的不利。

滲透率分三种即絕對滲透率、有效滲透率和相对滲透率。

当只有一种流体（油、水或气）通过岩石时，測定出来的滲透率叫絕對滲透率。当有兩種流体（石油和水或石油和天然气）同时流过岩石时，对每一种流体测出的滲透率叫有效滲透率。試驗証明，岩石对兩種液体的有效滲透率之和小

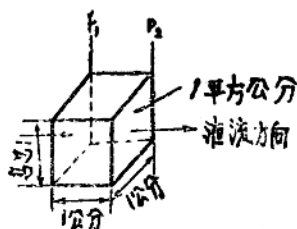


圖 9

于岩石的絕對滲透率。

有效滲透率與絕對滲透率的比值，叫相對滲透率。

滲透率的單位是達西。達西的含意可以用圖解釋。如圖 9 所示，有一塊長、寬、高各為 1 公分的岩石，它的截面積為 1 平方公分，壓力 P_1 比壓力 P_2 大 1 大氣壓，如果有粘度為 1 厘泊的液體流過它，而且在 1 秒鐘內的流量為 1 立方公分，那麼我們就說這塊岩石的滲透率為 1 達西。在工程計算中嫌達西太大，都使用毫達西。毫達西等於千分之一達西。

根據滲透率的高低，我們把油層分為低滲透率的（100 毫達西以下）、中等滲透率的（100—500 毫達西）和高滲透率的（500 毫達西以上）三種。

油層的滲透率由專門的試驗室用岩樣測定；有時根據試井資料計算。

第 3 節 油和水的飽和度

前面我們已經說過，並不是油層的全部孔隙都被石油所佔據，與石油共存的還有共生水，它們也佔據了一部分孔隙。為了要決定石油的貯藏量，就必須知道石油和水各佔了百分之幾的孔隙體積，也就是說它們在油層里的飽和度。

油層的油和水的飽和度用飽和率表示。飽和率就是石油（或水）的體積與油層孔隙總體積的百分比。

新油田的石油飽和率一般在 70—95 % 之間。

第 4 節 油層壓力

在研究油層壓力之前，我們先談談有關壓力的基本概念。

壓力 壓力是單位面積（例如 1 平方公分）上所承受的

力量。1平方公分的面积上承受1公斤的压力叫一个压力单位，用公斤/平方公分来表示。

除了用公斤/平方公分表示压力外，还可以用其它的重量和面积单位表示，例如磅/平方吋，吨/平方公尺。

从圖 10 可以看出，左边的全部面积为 16 平方公分，上面均匀的放着 80 公斤的重量，所以平均每个单位面积（1 平方公分）上所受的重量是 5 公斤，也就是说受有 5 公斤/平方公分的压力。

如果象圖右边那样，在 1 平方公分的小面积上，把 80 公斤的重量堆在上面，那么这一小面积上的压力便是 80 公斤，也就是说受有 80 公斤/平方公分的压力。

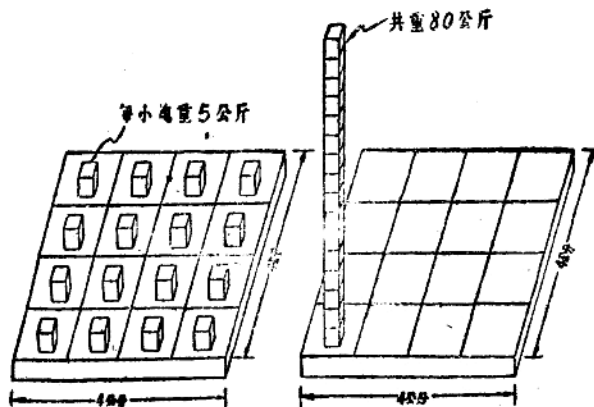


圖 10 压力示意图

大气压力 在我们的地球表面每一个单位面积上，都堆积着一个很高的空气柱。这一空气柱的重量便形成了大气压力。根据精密测量结果，在相当于海平面的地方，大气压力

的數值為 760 公厘水銀柱高或等於 1.033 公斤/平方公分，這個壓力我們叫它標準大氣壓或物理大氣壓。因為這個數值和 1 很接近，在工業上為了計算方便起見，就把 1 公斤/平方公分定為一個通用的壓力單位，叫 1 個工程大氣壓，或簡稱大氣壓。

表壓和絕對壓力 我們通常所用的壓力表所指示的壓力叫做表壓，是大于大氣壓力的數值。如將表壓加上大氣壓力，則得絕對壓力。例如在相當於海平面高度的地方，如果表壓是 100 大氣壓，那麼絕對壓力便是 101 大氣壓。

壓力與液柱高度的關係 這裡談談“巴斯加定律”，因為是巴斯加發明的，所以叫巴斯加定律，它表示壓力與液柱的關係。這個定律證明，在一個有液體的容器內，任何一點所受液柱的壓力，都和這一點上面液柱的高度有關係，在液面以下越深的地方，受的壓力也越大。

圖 11 是一個盛水的容器，其中水面高度保持不變，在容器的一邊水面以下不同高度的地方鑽了一些大小相同的圓孔，從每個圓孔里都將有水噴出，但是位置越低的孔，噴的力量越大，噴出的也越遠。這是因為各個圓孔距離水面的高度不同，高度越大的，壓力也越大。

在水井和油井里的情況也同容器一樣，當井內油面或水面保持一定位置時，井內液面以下愈深的地方，壓力也越大。

液柱壓力和比重的關係 前面已經說明，任何容器內的液柱都會產生壓力。當水的比重為 1 時，用壓力計測出 10 公尺水柱所產生的壓力恰是 1 大氣壓。如果一口井里完全是水的話，那麼在水面以下 1000 公尺的地方，壓力便是 100 大

气压。

石油的比重比水小，必須要有比 10 公尺高一些的油柱才能形成 1 大气压。

因此，如果我們只知道井內液面高度，那还不能算出这一段液柱究竟有多大压力，还必须求出液体的平均比重。

連通器定律 連通器定律就是几个互相連通的容器，当其中注入同样的液体时，不管这些容器的形狀如何，它們里面液面的高度总是相同的。

圖 12 上部所表示的是四个互相連通的玻璃容器，里面裝着相同的液体，每个容器里液面的高度都是一样的。

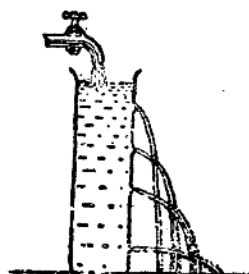


圖 11 容器內液柱高度与压力的关系

如果在各容器里裝入不同的液体，則它們里面液面的高度將不相同：液体比重大的液面低，比重小的液面高。如圖 9 下部所示，在三个相互連通的容器中裝的是石油、水銀和水。因为水銀最重，水比水銀輕，石油最輕，所以水銀的液面最低，石油的液面最高，而水則介乎二者之間。

在开采油層时，油層上要鑽很多井。我們可以把这些井看作很高很細的圓柱形容器。如果井內都充滿液体，那么上述压力按容器高度分佈的定律，就可以完全适应用于油井了。

根据油井中液柱的重量，可以算出油井的井底压力。

例如油井中充滿的是比重等于 1 的水，直达井口，我們