

石油工業基本叢書之十六

91966

油井量油工讀本

苏联 B·Г·巴布柯夫等著



1512
7744

石油工業出版社

石油工業技術叢書之十六

油井量油工讀本

苏联 B·Γ·巴布柯夫等著

孙振义 李成林譯

苏联石油工業部工人干部管理局批准作为
培养及提高油井量油工的教材

石油工業出版社

內 容 提 要

本書敘述採油的物理原理和採油工藝學的簡單過程，說明油礦收集和輸送原油的設備，油井產量現有的測定方法及油礦選油站和儲油庫成組油罐中的原油計算方法。

本書可作為培養和提高從事油礦採油計算工作人員的技術參考書。

**В. Г. БАБУКОВ, Ю. П. КОЦАРЕВ,
Н. Р. ДЕРЕВЯНКО**

ЗАМЕРЩИК ДЕБИТОВ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСОНТЕХИЗДАТ)

1953年列寧格勒版翻譯

統一書號：15037·73

石油工業技術叢書之十六

油 井 量 油 工 讀 本

孫振義 李成林譯

石油工業出版社出版 (地址：北京六鋪炕石油工業部十号楼)

北京市書刊出版登記證出字第083號

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張4 $\frac{1}{4}$ * 79千字 * 印1—1,100册

1956年8月北京第1版第1次印刷

定價(10)0.65元

目 錄

第一章 採油的物理原理	3
第1節 油田及其構造的概念	5
第2節 石油與天然氣的物理性質	6
第3節 石油、水和天然氣在油層中的分佈	7
第4節 油層驅動方式的概念	8
第5節 石油從油層流入井內的條件	9
第6節 油井用途和井身構造	10
第二章 油井的採油方法	11
第1節 油井自噴採油法	12
第2節 壓縮機採油法	17
第3節 深井泵採油法	20
第4節 油井井下修理	33
第5節 增加油層採收率的方法	41
第三章 礦場上石油的收集	45
第1節 礦場選油站設備	46
第2節 油礦石油的儲運	54
第四章 油井產量測定和取樣程序	60
第1節 測量油罐內液體和取樣的儀器與工具 及其使用的規則	60
第2節 礦場選油站和儲油庫油量的測定和取樣	67
第五章 驗收前原油質量之鑑定	71
第1節 原油比重的測定	71
第2節 原油中所含的水分和機械雜質的測定	74
第六章 油井日產量的測定	76
第七章 油礦原始資料	80

第八章 劳动組織、技術定額和工資	82
第1節 劳动組織	82
第2節 技術定額和工資	89
第九章 安全技術、工業衛生和消防措施	91
第1節 安全技術和工業衛生	91
第2節 消防措施	97
附錄 石油產品分析及取樣法	98
參考文獻	107

第一章 採油的物理原理

第 1 節 油田及其構造的概念

在地殼內，天然聚積石油的地方通常称为油田。石油几乎只藏於所謂的沉積岩中。

有工業價值的油藏見於這些沉積岩層中，如砂層、砂岩与石灰岩中；藏有石油的岩層称为含油層。這些岩層由各个大小不同的碎小微粒所組成，里面有許多叫做孔隙的空洞（如图 1）。孔隙中有時充滿着石油。

为了确定在这些孔隙中之容油量，須知孔隙的体積，換句話說，須知岩石的孔隙率。

所謂岩石孔隙率即指空洞的总体積与岩石总体積之百分比而言。譬如，假設在一立方公尺之岩石中，孔隙佔 250 立方公分，那么該岩石之孔隙率为 25%。

由大小与形狀相同的微粒所構成之岩石，其孔隙率总要比由形狀与大小各異的顆粒所構成之岩石的孔隙率为高。根据科学院士 H. M. 古勃金的資料，苏联最主要油田中的砂層与砂岩的孔隙率为 3—35%，石灰岩的孔隙率达 35—40%。

一般說來，並非在所有含油岩層的孔隙中都充滿着石油。含油空洞的体積与空洞的总体積之比，謂之飽和系数，这种系数一般在 0.6—0.8 之間。

含油岩層（砂岩、石灰岩）的孔隙越大，其出油的條件就越好，油井產量也就越高。在这种情况下称为含油岩層有良好的渗透性能，即使液体透过其本身的能力。当孔隙很小时，由於毛细管力的增長頗大，岩石中的液体便难以流动，实际上，这种岩石就是不渗透的。譬如，虽然粘土層的孔隙率有时达 40%，

但粘土層却是不滲透的岩層。

几乎在每个油田中，都有几个含油層，它們彼此之間被不滲透的粘土夾層分隔开。在某些油田中，含油層層数达数十个。有时含油層露在地面，有时埋藏在数千公尺之深处，其厚度，换言之，層厚大致由 1—2 到 50 公尺或更多。

一般說來，含油岩層即是具有某种構造形式的孔隙層。大部分油田都具有背斜構造，亦即背斜褶

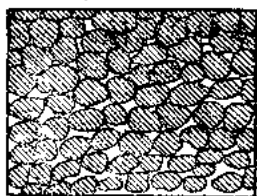


圖 1 顯微鏡觀察下砂粒的形狀

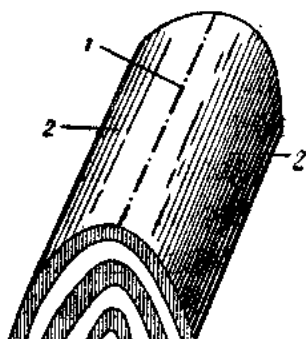


圖 2 背斜褶皺
1—褶皺軸；2—褶皺翼。

皺。通常称向上凸起的弯曲地層，依形狀而論，类似穹門的地層为背斜褶皺。沿背斜褶皺最高凸起部分所作之直綫称为褶皺的軸，而在軸綫兩边的褶皺的兩個側面称为翼(圖 2)。

背斜構造的褶皺形狀是各式各样的，譬如，对称褶皺与不对称褶皺，倒轉背斜層，刺穿褶皺，鹽丘等。

圖 3 为背斜褶皺最典型的形式。



圖 3 背斜褶皺形式
a—对称的；b—不对称的；c—倒轉的。

油田的構造形式也常常是單斜的。單斜構造形式與背斜褶皺所不同之處就是地層單向傾斜。單斜褶皺可以說像山峯大隆起的翼。圖4所示，就是油藏的典型單斜形式。

各種構造方面的破裂，即各地層之斷裂，對形成與保存油田來說是有重大意義的。斯達洛格洛茲紐斯基逆掩斷層便是與構造破裂相聯繫之油田的例子。



圖4 單斜構造

第2節 石油與天然氣的物理性質

石油通常為暗色油質液體。這種液體具有為石油及其石油產品所固有的一般氣味。

依化學成分言之，石油是各種烴（碳氫化合物）之混合物。

在石油中，除碳與氫之外，還含有少量的氧、硫與氮。幾乎絕大部分的石油里面，都含有石蠟，石蠟也是碳氫化合物之一種。按照石蠟的含量，石油可分為三種基本類型：（1）非含臘石油——含石蠟在1%以內；（2）稍含臘石油——含1—2%的石蠟；（3）含臘石油——含石蠟達2%以上。

石油分餾的方法決定着石油的商品性質，按商品性質將石油分成輕油（汽油類和一般油類）和重油（瀝青類）。

石油性質的主要標誌之一，就是它的比重。所謂物體的比重就是物體單位體積的重量，也就是：

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

式中 γ ——物體的比重；

V ——物體體積；

G ——物體重量。

比重通常用克/立方公分或公斤/立方公尺來表示。

在石油工業实际应用方面，一般都採用相对比重。相对比重就是相同体积的石油（在攝氏 $+20^{\circ}$ 的情况下）与水（在攝氏 $+4^{\circ}$ 的情况下）的重量之比。相对比重通常简称比重，其值为無因次量。

石油相对比重的变化在 $0.700-0.980$ 之間。一般都使用液体比重計來計量石油的比重。在實驗室計量石油的比重，通常使用較精確的檢驗測量仪表（比重瓶，偉氏比重秤）。

液体比重計（見圖 5）是一个兩端封閉的，圓柱狀的玻璃管，管的上部有比重刻度，刻度可表示到小数点后三位。

管之粗部为溫度計，上面附有由 $+60^{\circ}\text{C}$ 到 -30°C 的刻度，在液体比重計的下部有一小空囊，里面裝有某种粘結剂粘合的鉄渣（碎屑）。

因液体比重計易碎，同时又昂貴，所以要特別加以保护。携帶与存放时，应当把它放在厚紙盒或洋鉄盒里。

粘度是石油的另一个物理性質。这种性質决定石油在油層与管內的流动特性。所謂粘度即指液体（或气体）在运动中抵抗其質点相互移动的性质。粘度分为相对与绝对两种。因为确定绝对粘度有很多困难，所以一般都採用相对粘度或条件粘度。相对粘度表示所試驗的液体粘度比水的粘度大几倍或小几分之几。



圖 5
比重計

用恩氏粘度計測定粘度。借於該儀器确定在任何固定溫度下 200 立方公分所試驗的液体流过的時間与在攝氏 20° 时，同

体積水流过時間的比例。通常水的流过時間为 51—52 秒。这样計量出來的比值叫作恩氏的“度”，也就是条件粘度。恩氏的度以符号 $^{\circ}E$ 代表，符号中的指数 t ，表示測定条件粘度时的温度。石油粘度的变化范围很大。

在油田中，石油气和層間水永远与石油共存。石油气在地層內呈液态或气态。天然石油气是碳氢化合物之混合物。除碳氢化合物之外，在石油气中还含有碳酸气、硫化氢、氮，同时还有少量的稀有气体（氦、氖、氬等）。

由井里取出之石油气可能是湿的，也可能是干的。干气主要由甲烷、乙烷及微量的較高分子的碳氢化合物組成，其比重小於一。湿气含有大量高分子碳氢化合物（丁烷、戊烷、己烷、庚烷、辛烷），其比重大於一，即比空气重。通常在开採含油層过程中，由於油層压力的降低，气体比重随之增大。

第 3 節 石油、水和天然气在油層中的分佈

石油、水和天然气均按比重之不同而分佈於油田中。褶皺的底部是水（較重之液体）。在水的上面为油，油中含有溶解气体。在褶皺的頂部，油的上面聚集着游离气（假如油層压力不能將所有的气体从游离状态变为溶解状态时）。油藏中石油、水和天然气的分佈情况見圖 6。

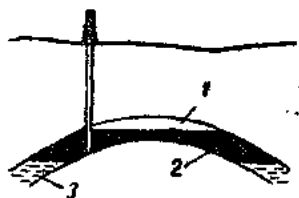


圖 6 天然气、石油和水在油田中分佈的情况

1—气体；2—石油；3—水。

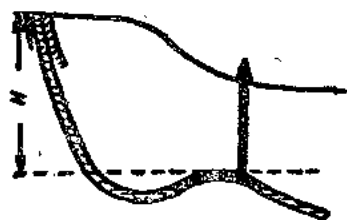


圖 7 油田断面圖

油層能量說明油田中油層的特点，該能量的大小由下列条件決定：褶皺底部經常圍繞油藏的水的水压；壓縮气体的压力或从溶解状态析出的气体的压力；以及石油重力的作用。在油層能量的作用下，石油从油層流到井里去。

在油層中層間水的水压是最有效的动力源泉。所以產生層間水之水压，是因为油層在油田範圍以外与地面相通連，因此水就由地面進入油層。只有当油層与地面通連之处，換言之，即油層露出地面之处高於油藏时，油層水压才能有效地發生作用。

所以，水压的大小決定於水柱的高度 H （圖7），这个高度等於油層露头区油藏之間的高差。

第 4 節 油層驱动方式的概念

当由油層开采液体时（自鑽入油層之油井中开采时），油層原有的平衡状态則遭到破坏。於是就有水流从地面流往油層以补充采出液体。这样，液体就連續地由出露於地面的油層露头区向井底流动，再从油井中被采出來。油田的儲油性愈好，就是說，它的滲透率愈高，液体流动也就愈強。假如整个油層性質相同和有良好的滲透性能，那么液体便能得到較快的补充。反之，在油層滲透性能低的情况下，液体补充过程就遲緩。在这种情况下，流入油層的液体將小於它的开采量。这样，由於水压減低，便会引起油藏中油層压力的降低。

除靜水压力作用外，由於油藏中压力的下降，發生大的彈性膨胀，这也是油層能量的來源。在油藏中處於較高压力下的水具有由其彈性收縮而引起的能量。当由於油井鑽开油層而降低了油層压力时，水便膨胀，在每降低一个大气压的压力时，膨胀約为本身体积的二万二千分之一，並佔据被挤出來的油的位置。油田之邊緣水愈多，此种現象的效应也就愈明顯。当油

層中液体流动是因水的彈性膨脹能量和油層本身的壓縮而產生時，一般認為油藏具有彈性驅動。當油層中的液体主要是借助於靜水壓力而流動時，一般認為該油藏有水壓驅動。當開採擁有水壓驅動的油藏時，應保證使圍繞油藏的水均勻移動並按照石油的採出量佔據油層中原來為油所佔據的位置。

就油藏的採收率來講，水壓驅動是比較有效的。

壓縮氣和溶解於油中的氣體的能力是油層能量的另一種形式。油藏中的氣體在石油中呈溶解狀態，也可分佈在油藏的上部，形成所謂氣頂。在開採油藏時，油中呈溶解狀態的氣體從油藏中逸出，向低壓地帶（油井）集聚，同時把石油向井底排擠。另一方面，氣頂中的壓縮氣開始膨脹和壓油，並把油排於井底。因此須儘可能保存油層中的氣體，並用人工的方法維持氣頂的壓力。

除水壓、氣體能量之外，石油本身的重力也是油層中的原動力。在水壓和氣體壓力於最初開採時不很大或在開採過程中變弱的油田中，石油才在其重力的作用下從油層流入井內。

因重力作用，石油從油層地形最高處移至最低處。因此，位於沿油層傾向較低處之油井內的重力作用就更為有效。在傾斜很陡的油層中，重力作用有更太的意義。一般說來，借重力作用產生的石油的流動是很遲緩的。因此，雖然油井的工作壽命特別長，但井的流量卻不大。

第 5 節 石油從油層流入井內的條件

在一定時期內從井內採到地面上的油量稱為油井生產率或稱為油井產量。現場所有計算都是根據日產量作出的。

油井的生產率決定於天然和人工的因素。油層飽和度，油層壓力和岩石的滲透性能是主要的天然因素。油井直徑，井底構造以及將液体井至地面所採用的設備都為人工因素。假如可

以很容易地改变人工因素，而改变天然因素却是極其困难的。

只有在这种情况下，即油層压力比在井內液柱的井底回压高时，液体才能从油層流入井內。油層压力和井底回压的差别愈大，油井的生產率也就愈高。当井底回压为零时，油井流量称为潛在生產率。然而，事实上井底压力不能經常降低到一个大气压。此外，顯著減低井底压力在許多場合下是不可能的，因为这样会在採油过程中造成事故(砂堵、倒塌、游离气的逸出等等)。因此通常都尽力保护油井最大可能的生產率。油井最大可能生產率根据油藏具体的物理、地質情况而确定。

第 8 節 油井用途和井身構造

採油是借助於鑽开油層的鑽井來實現的。油井就是从地面通到油層的一种圓筒形鑽眼。

油井在地面上的起点称为井口，井的底部称为井底，而內側面则称为井壁。井內必須下入套管，随后注入水泥(井壁与套管之間注滿水泥)。当油井很深，鑽進工作又很复雜时，則在鑽井过程中有时要向井內下几層套管，同时，每下一層套管后，油井的直徑即随之相应地縮小。最后的那層套管称为生產套管，可將該管下到油層頂部或下入整个油層。在后面的情況下，为使原油从油層流入井內，在生產套管中要用專門的器具(射孔槍)來射孔。

套管外的水泥高度应当保証把所有鑽过的含油層都封住，这样，就使含油層和含水層分离，以及含油層与含油層分离。这是合理開發不可缺少的条件之一。

下入井內套管的層数，水泥高度以及套管的長度統称之为井身構造。

在拟造井身構造时，所应遵循的必要条件之一，就是要保障为以后採油所需之正常条件。因此生產套管的直徑应不阻碍

往井內下油管及抽油泵，並應適於在井內進行沖洗和清除砂堵與解除事故等工作。目前利用最廣泛的是6吋的生產套管。

當含油層不堅固及其容易造成砂堵時，則把防止砂粒進入的襯管放入井里，在這種情況下，生產套管底端一般放於油層的頂部，而將襯管下入整個油層。襯管的構造各有不同，這裡我們就不來研究，因為在這方面的教學文獻中已有了詳細的說明。

第二章 油井的採油方法

根據地層能量的大小，油井的深淺，油礦所用動力的性質，以及某種採油方法在經濟上的合理程度，可以用各種不同的方法從井內把石油採到地面上來。採油方法有下列幾種：自噴採油法，壓縮機採油法和深井泵採油法。

一般說來，但並不是絕對的，一個未經開採的新油層，其油井在整個工作過程中可以分為兩個生產時期。

油井的自噴是借天然的油層能量（水压、壓縮氣體的能量）而產生的。這個生產時期是最經濟的，因為不要求利用任何機械設備。

隨著油藏儲備能量的消耗，油井便停止自噴。於是開始油井的機械生產時期，其主要方法是壓縮機採油法和深井泵採油法。壓縮機採油法就是利用往井內壓入壓縮天然氣或空氣的辦法使液體從井內昇至地面。

深井泵採油法是最廣泛利用的方法，此法是利用特製桿式深井抽油泵將油從井內抽至地面的方法。許多油井當鑽到含油層時，都立即用深井抽油泵進行開採。

第1節 油井自噴採油法

油層壓力必須高於井內液柱壓力，油井方能自噴。自噴之所以發生有賴於油藏內之驅動，或有助於水壓，或有助於油層內壓縮氣體的能，或兩者兼而有之。

用直徑很大的生產套管進行採油是不利的，因為這樣油層能量使得得不到合理的利用。為了更充分地利用油層能量和延長油井自噴採油期限，往井內下入小直徑的管子，液體在噴油過程中就沿這些管子昇上地面。這些管子稱為噴油管或出油管^①。為了將所有砂粒帶上地面，通常皆將這些管子下至井內襯管之上部孔眼處。噴油管直徑之大小，按油井預計流量的大小而選定。此外，在選定噴油管直徑時，須保證壓頭的損失最小，該損失用有關的計算數據來確定。

一般，在井內均下許多噴油管。其直徑為2吋，2¹/₂吋或3吋。生產套管內徑與噴油管外徑之間的環狀空間稱為套管空間。當鑽探由不穩固岩石組成的油層時，可採用雙排氣舉管，即往井內下兩排管子，以便有可能實施恢復油井正常開採的可能。這時，直徑較小的第二排管子便是噴油管的內排。內外管子之間的空間稱為管間環狀空間。有時，所下之外排噴油管的直徑是不同的：下部直徑小，上部直徑大。里面的管子（出油管）多半都下至外面管子由大的直徑變為小的直徑的地方。

這種雙排氣舉管的結構，礦上的工作人員亦叫做「排半氣舉管」。

自噴油井的井口均裝設堅固的鋼制井口裝置（圖84），這種裝置是厚壁的三通、四通與帶有通徑相同的開門的聯合裝置。這個裝置是為懸掛下入井內的噴油管子，保持噴油管與生產套

① 在各種採油方法中，將油從井內昇至地面，一般均採用泵壓管。在各礦場，根據採油方法之不同，通常把泵壓管稱為抽油管，壓縮機管或噴油管。

管之間的嚴密性，調整液体与天然气的探出量和控制油井工作而設的。井口裝置的構造須適合測量管外环狀空間与利得管內的压力，須適合於試井和進行某些必要的工作。

井口裝置由油管头和聖誕樹組成。油管头安置在套管头法蘭盤上（圖 85），其作用就是吊掛噴油管 和保持噴油管与生產套管之間空間的嚴密。聖誕樹安置在油管头上，用以調節噴出

的油流，並引油流進入某利得管内，在必要時可將自噴井關閉。在聖誕樹上有一个、兩個或三个利得管。为了調節利得管內的液流（限制

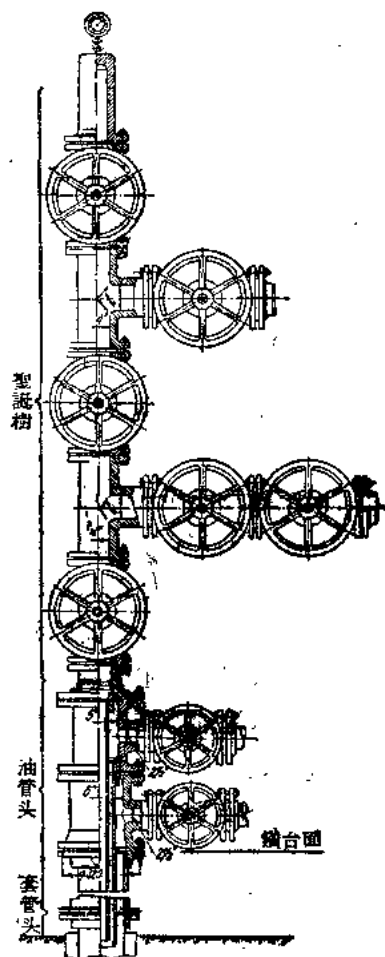


圖 85 套管头

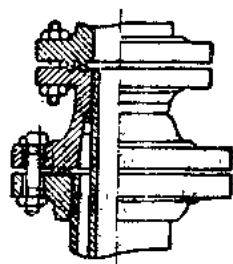


圖 84 井口裝置

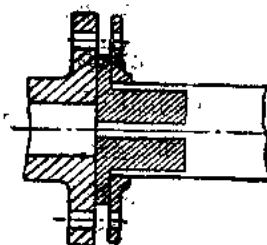


圖 9 井口阻流器

流量)，通常均裝設阻流器，最常用的阻流器為一中間帶眼的鋼棒（圖9）。通常上面的利得管為工作管，而其餘的均為備用的。备用利得管供掉換阻流器與修理工作利得管時之用。

根據預計的井內壓力與油井特性現已出產幾種不同類型和用於不同壓力時的井口裝置。

目前，蘇聯各個工廠中所製造的井口裝置有：1)用於試壓75大氣壓和工作壓力40大氣壓的；2)試壓150大氣壓與工作壓力75大氣壓的；3)試壓250大氣壓與工作壓力125大氣壓的。

所有井口裝置的各部分均為法蘭盤連接，但直徑為4吋用於試壓250大氣壓的井口裝置的各部分亦有用絲扣連接的。

為使井口裝置的法蘭盤連接處嚴密，採用最完善的環形密封。使用這種環形密封時，則將軟鋼製成的截面為橢圓形的金屬環裝到特制的法蘭盤槽中。

治氣分离器及其構造與用途

油和氣的混合物，在壓力下，從油井出來通過利得管進入所謂油氣分离器內。

油氣分离器是一種油與氣在里面因流速降低而得分離的裝置。因氣體較輕，所以上昇，而液體便流至油氣分离器的下部。從油氣分离器出來的气体進入輸氣總管，而油則進入集油罐或油礦總輸油管。油氣分离器是自動的。在油氣分离器的利得管綫上裝有特制的凡耳，使分离器內永久保持一定的液面，其目的是為了在液面降低時，防止氣體進入輸油管綫及當油氣分离器為油充滿時，不致使油進入輸氣管綫。

為了調節壓力，在油氣分离器的輸氣管綫上設有“閘前”壓力調整器和安全凡耳。當壓力超過油氣分离器的允許壓力時，安全凡耳可自動敞開。為了控制與計量油氣分离器內的液面，在分离器上設有液面測量玻璃管。