

油藏与天然气藏的 形成問題

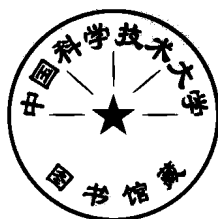
苏联 А.Я. 克列姆斯著

石油工業出版社

油藏与天然气藏的 形成問題

苏联 A.Я.克列姆斯著

周家珩譯



石油工业出版社

內 容 提 要

本書除闡明世界各地台區及地槽區內不同地質條件下油氣田形成與分佈的基本問題外，對於有機生油物質的堆集、石油及天然氣聚集與游移的過程以及油氣藏形成的條件，均有詳細的討論。

本書除供石油地質工程人員閱讀外，還可供高等石油學校師生及石油地質科學研究人員閱讀。

А. Я. КРЕМС

ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1954年列寧格勒版翻譯

統一書號：13037·4

油藏與天然氣藏的形成問題

周 家 珩譯

*

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053號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

850×915 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張11 $\frac{1}{2}$ * 插頁7頁 * 190千字 * 印1—4,600冊

1956年6月北京第1版第1次印刷

定價(10)2元

編者的話

A.Я.克列姆斯所著“油藏与天然气藏形成問題”這本書專門討論在目前石油地質科学發展階段非常重要的問題，這些問題不僅在理論上而且在实际上也有很大意义。

要選擇一个合理的、有科学根据的地質勘探工作方向，必須要正確地解决石油的起源問題並且能够有效地研究与解决油气藏的形成問題。所以，作者企圖以其丰富的实际工作和科学研究的經驗，進行分析並綜合目前對於這些問題研究近况的一些概念，同时还發表了他本人的見解，这是值得我們大家欢迎的。

克氏這本書是根据古勃金院士的名著“石油論”的綱要寫的。大家知道，在“石油論”這本書里，古勃金不僅曾力圖闡明石油地質学的概况，不僅深刻地分析和总结所收集的大量实际資料和很多的科学研究工作資料，从而創造性地寫成这部石油地質学中的傑作，而且还給高等石油学校提出了教学上的指南。

由於在寫這本書的时候，作者遵循古勃金所著这部既是科学巨著又是傑出教学指南的“石油論”的綱要，所以我們看來，在这本書里，他對於下面一些簡單的問題談得太多太詳細了，例如，什么是石油，它的化学与物理性如何，它和天然气在可燃有机岩系中所佔的地位怎样，它的礦物成分如何，平常我們見到的含油岩石的总孔隙度与有效孔隙度，以及这些岩石的机械組成与滲透率等等。

另外，他又談到石油与天然气成層的背斜理論以及對於這一学說的各种見解發展的歷史，这也都是一些簡單的問題。

這些問題的敘述佔去本書很多的篇幅，而在許多地方就使

作者不能更清晰地表出他本人對於一些重要問題的看法。

在討論目前關於石油起源的各種假設時，作者應該更堅決而明確地展開對 H.A. 庫德烈耶夫采企圖恢復的石油無機生成說的批判，更肯定地指出 A.B. 弗勞斯德，B.A. 索可洛夫，A.Л. 考士洛夫，B.B. 保爾費立也夫，A.Ф. 道勃揚斯克等對於這一個問題概念上的基本缺點，以維護古勃金的論點。

作者談到“我們現在已有正確的石油區域性生成說——即古勃金的腐植質說”，這種先驗論的臆斷，似乎言之過早了罷。

古勃金院士本人認為今後要證明和論證他對石油起源問題所發表的意見，還需要做許多事情，他只是指出如何正確地解決這一個非常複雜問題的途徑而已。可惜，古勃金逝世以後，我們的科學研究機構在發展古勃金所提出的概念上做的工作太少了。也就是因為這個緣故，所以才出現了有像 H.A. 庫德烈耶夫采，B.B. 保爾費立也夫，С.И. 依林，B.B. 維別爾，A.Ф. 道勃揚斯克等對於石油生成問題的假設和意見，有的完全否定了古勃金見解的正確性，有的甚至於還大大地加以誹謗。所以像作者這樣極簡單地肯定說，石油的生成問題已經解決了，一切關於這方面的問題都已經搞清楚，那是不可取的。特別是在討論油藏和天然氣藏形成問題的一章中，他對於表明和論證“原生”和“次生”以及其他油藏的一些概念，都談得不够清楚。

雖然克列姆斯這本書有這些缺點，但是它仍不失為一本寫得很認真而且具有概括性的科學著作，內容包括石油地質學方面非常重要的問題。所以，這本書將促進大家對於現有關於石油與天然氣成因和形成的概念展開廣泛的討論，並進一步正確地來研究、發展和解決這些重要的問題。

M. 密爾欽克

獻給我的兒子列甫，
他曾為了偉大蘇維埃社會主義祖國的榮譽與自由，
在反德國法西斯蒂鬥爭中，
犧牲了自己的生命。

作者的話

在“石油論”里，古勃金曾力圖從辯證法的觀點、根據馬克思主義辯證法的原則來說明關於石油生成過程和油氣藏（油氣田）形成條件等這些自然界的複雜現象，這就是他的學說的真正價值。也就是古勃金對於蘇聯石油地質學的極大功績。他是第一個蘇聯石油地質學家能夠成功地把馬克思主義辯證法原則應用到研究石油，天然氣生成和油、氣藏形成條件問題上面去，把石油的生成和形成以及後來在地殼內的聚集，作為一個統一整體的過程，並把後來油田逐漸破壞和石油逐漸消失的一些條件，作為這一個過程的補充。古勃金認為我們決不能把石油的生成和油田的形成條件分割開來看，因為這是一個連續不斷的過程。

因為古勃金是根據馬克思主義辯證法的原則來研究石油生成的複雜現象和油氣藏形成條件的，所以他才能在這方面找出許多在理論上和實際應用上對於尋找石油非常重要的規律。同時，古勃金認為石油的生成過程以及油、氣藏的形成與破壞，不但決定於全部地史期間大地構造的發展，而且還決定於各別區域的地質結構與地史發展所具的特點。

上述古勃金對於石油生成和油藏形成條件所提示的一些規律和觀點，他對於油田構造分類的眼光和對於其他石油地質學一些重要問題上作出的對於科學上和實用上一些寶貴結論，已

經成功地被他的學生和繼承者加以發展了。

古勃金把馬克思主義辯證法原則应用到石油地質原理方面，特別是应用到石油生成和油、氣藏形成過程方面，這是一個卓越的開端，現在已經有了穩固可靠的發展，而且受到了贊成和擁護他這種進步理論的絕大多數蘇聯石油地質學家與石油地球化學家的推崇。

關於石油生成和油、氣藏的形成的形成，以及在不同地質條件下選擇有科學根據的方向及最合理的油、氣地質普查和勘探工作的綜合方法，這些都是當前非常迫切的問題。在本書內作者將試圖闡述有關這些石油地質學問題的結論和概述。

為此目的，本書共分為兩部分：第一部分屬於理論方面的，關於油-氣藏的形成的問題。第二部分屬於實際應用的，關於油-氣藏的勘查以及組織勘查工作科學的先決條件。

第一部分第一章敘述在世界各處進行勘查和開採有工業價值油、氣集儲（油、氣藏）時所觀察到的一些事實與現象，例如：

（1）地殼內的油和氣適合於集儲在海洋成因的沉積岩層內，從地史年代方面來看，從寒武紀起到第三紀的上新統為止的海相沉積岩層都包括在內；

（2）油、氣在地球外形上集聚為廣泛區域性的分佈，並適合集聚於各種不同地殼構造形狀；

（3）在同一油藏體系內的三種組分（天然氣，石油與水）完全是按它的比重以及其他而分佈（成層）的。

以後根據這些確定的事實與現象，作者又進而闡明許多有關石油生成與油、氣藏（聚集）在地殼內形成的規律性，這些都是和在全世界地槽（褶皺）與地台（平原）區域範圍內那些適於生成石油和天然氣的有機物質堆集和沉積的古代地理和古代地殼構造條件有關聯的。

在第一部分的第二與第三章中，作者根據古勃金的學說，

首先將石油生成和油、氣藏形成中過程（包括游移過程在內）作為和地史上大地構造發展有關的一個統一整體過程來進行研討，不僅敘述了目前有關石油生成的各種概念，並從現代對於大地構造成因觀點來看，認為石油的生成和油、氣藏的形成，整個地是由於大地構造對於生油有機物質的堆集，沉積形成的週期性、以及石油的游移現象所發生的作用。同時根據與地球發展相聯系的石油生成過程的總的方向，着重地指出古地理環境、古代地質構造以及近代地質結構對於確定和查明油、氣生成與油、氣集儲區所起的作用和所具的意義。

在敘述有關地殼內油氣藏形成的一些基本原理時，作者還簡略地談到在地史大地構造的繼續發展過程中，那些已經形成了的油、氣藏完全遭受破壞和消滅以前所發生的各種變化。

所以，在這一個統一整體的石油生成和油（氣）藏形成過程之外，還有一個與此對立的过程，那就是已經形成並且經過一定發展階段的油、氣藏受到破壞和消滅的过程。這樣，這裡就可以看到有兩種對立的过程（趨向）：油、氣（油、氣藏）聚集的建成（形成）和它的破壞（消滅），它們相互之間的作用（抵觸衝突），是基於地球大地構造發展中矛盾進行的。

同時還着重指出在上述理論基礎上（地球大地構造矛盾發展）還發生有決定生油有機物質的堆集和形成石油其他兩種對立趨勢的鬥爭，那就是海進與海退之間的鬥爭。

在本書的第二部分——實際應用部分——作者根據第一部分中所確定的一些在地球外形上石油生成和油、氣藏形成以及分佈的規律，說明了一些有關組織勘查石油工作科學上的前提，而在簡略地把從古到今勘查石油和開採油藏全部歷史闡明以後，詳細地談到地質、地球物理、地球化學等勘查石油工作的方法，以及對於油、氣藏形狀已經確定的地方所採用深井探鑽進行勘探油、氣田的各種方法。

从这样一种观点来说明关于油、气藏形成和勘查的原理，乃是一件非常复杂与艰巨的工作。

这工作实际上到底做得怎样，关于这一点，由阅读本书的人们自己来下判断。作者将非常欢迎并诚恳地感谢读者们，对这本写作多年旨在继续发展苏联石油地质学的著作能够提出切实的批判性的意见。

目 錄

編者的話

作者的話

引 言	11
1. 石油作为一种有用礦物所具的特征和性質	11
2. 石油与天然气在可燃有机岩系中所佔的地位	14
第一章 關於油藏和天然气藏在地殼內分佈的基本規律	23
1. 關於油、气藏和油、气田的概念	24
2. 油、气藏圍岩的岩石組成和儲油性	31
甲、含油、气岩層的岩石組成	31
乙、含油、气砂層和砂岩層的儲油性	34
(1) 礦物組成	35
(2) 碎屑物質的膠結和压固	35
(3) 总孔隙度和有效孔隙度	38
(4) 机械組成	43
(5) 岩層的滲透性	44
3. 在个别油藏体系內所观察到的气、油、水的分佈規律	47
(1) 油藏的背斜理論	47
(2) 岩性特征和岩石性質對於油(气)聚集的影响	52
(3) 促成油、气藏形成的構造-重力規律	57
4. 世界上所观察到的油、气藏(油、气田)的分佈規律	58
甲、地殼內油、气聚集分类的概念	58
乙、苏联境內油、气田的地质-地理分佈情况	62
丙、油、气田和主要褶皺系統的关系	69
丁、地台区內油、气田的分佈情况	71
5. 地槽(褶皺)型与地台(平原)型的油、气田	73

(1)地質構造特征上的区别和特点	73
(2)按地槽和地台構造上的区别和所具特征而得出的有关普查勘探方面的几个初步結論	75
(3)在地台和地槽区内油、气田形成条件的几种区别	77
6.地台区域内錯动位移的起源和本質	82
7.关于在地台上和地槽内適於堆集能形成油、气的原始有机質料的古地理条件的概念。油、气形成的地方。古地質構造的意义	89
8.关于“含油相”和它对於形成油田的作用	92
9.在組成地殼的沉積岩層剖面中油、气藏年代的分佈情况	99
10.古勃金按辯証唯物論方法談石油与天然氣以及油藏与气藏的形成过程	103
結論	104

第二章 有机生油物質的堆集和石油(及天然氣)的生成

.....	106
1.緒言	106
2.关于石油与天然氣的化学成分及物理性質的基本資料	108
(1)石油与其他可燃礦物的元素成分	108
(2)石油中的碳氫化合物成分	110
(3)天然氣(經氣)的成分	117
(4)石油与天然氣的物理性	119
3.石油生成理論与假說的概述	123
甲、石油無机生成說	123
乙、石油有机生成說	129
(1)石油的動物生成說	129
(2)石油的植物生成說	131
(3)石油的动植物混合生成說	137
4.古勃金對於石油生成的見解	140
5.根据古勃金進步學說的基本原理來談現代一些石油形成过程的观点	143

6. 总结现代各种石油生成观点所得的基本结论	153
(1) 石油形成的区域性学说	153
(2) 原始有机生油母质的性质。石油母质	154
(3) 石油母质的泉源	161
(4) 造成石油成分不同的原因	162
(5) 原始生油有机物料集储的条件	165
(6) 古地理学对于探明石油形成区的作用及意义	166
(7) 决定堆积在海洋盆地沉积中的有机物质变成石油的几个因素	168
7. 石油的形成和地球发展过程与大地构造发展规律的关系	173
(1) 关于地球的起源和造成大地构造运动的一些近代概念	173
(2) 适于堆积原始生油有机物的条件与大地构造运动的关系	185
结语	186

第三章 石油及天然气的游移与蓄积以及油、气藏的形成

	188
1. 关于石油及天然气游移与蓄积的概念	188
2. 在油气藏形成过程中石油及天然气的游移与蓄积所起的作用	190
3. 石油与天然气游移的形态与阶段	192
4. 关于原生油藏(分别按古勃金和卡里茨基所理解的)与次生油藏的概念	198
5. 造成石油及天然气游移的因素	203
甲、序论	203
乙、气体的渗透	204
丙、气体的扩散	208
丁、石油及天然气在孔隙介质中的运动(游移)	
(水平游移)	210
(1) 石油(天然气)在有水的孔隙岩层中浮起	211

(2)油(气)在孔隙岩層中被水推挤的情况.....	214
結論.....	217
戊、石油和天然气横穿岩層層理的游移(垂直游移).....	222
(1)石油及天然气在未被断裂錯动所破坏的地層中的 垂直游移.....	222
(2)石油及天然气在断裂变动裂縫系統中的垂直游移	224
6.概述油、气藏(油、气田)形成条件以及構造因素与岩性因 素所起的作用.....	226
7.油、气藏形成时,以構造因素作为决定性主要影响(作用) 的儲油層構造形狀的分类.....	228
8.油、气藏形成时决定岩性因素主要作用(影响)的儲油層構 造形狀的分类.....	240
(1)与侵蝕作用有关的儲油層形狀.....	240
(2)与沉積作用有关的儲油層形狀.....	242
9.油、气藏的分类.....	244
(1)油气藏的成因分类.....	249
(2)按形态標誌的油、气藏分类.....	250
結語.....	258
参考文献	260

引 言

1. 石油作为一种有用礦物所具的特征和性質

石油是一种多油脂的、可燃液体，具有各种不同顏色（从差不多是白色、透明的，到褐色和黑色，不透明的）以及各种不同濃度——从稀的、易於流动的，到稠厚不易流动，像瀝青似的都有。在自然界中可以看到各色各样的石油，而且总是比水輕。

石油是一种具有不同結構的碳氫化合物的混合物，內混有或多或少的氧、硫和氮化合物。平均說來，含碳 82—87%，含氫 11—14%。

石油在苏联，是建設共產主义社会物質基礎的最重要因素之一，具有非常重大的作用。

到現在为止，許多苏联化学家和地球化学家著作中 [46, 48, 88, 131 等] 對於石油的地球化学特征，已作过全面詳尽的介紹。根据他們研究的結果，已經确定了在自然界有各种各样的石油，这都是因为有許多影响各种石油形成的地質因素造成的。譬如，有些时候，我們可以碰到一种石油，里面所含的氧、硫和氮化合物成分比碳氫化合物多，而有些时候又可以看到一种石油，里面差不多都是碳氫化合物，一点这种雜質也沒有。

上述第一种石油所具特点，就是比重特別大（大於 0.95，偶尔甚至也有超过 1 的），黏度非常大，黑色，即使薄薄一層也是不透明的。这种石油里面所含低沸点餾分（汽油和煤油）很少，就其性質來看，有点像是一种往瀝青过渡的產物。

第二种石油，則正相反，比重很小（低於 0.80），容易流

动；顏色很淺(有时甚至完全無顏色)，里面所含低沸点馏分極為丰富，而所含重油則極少。

在这兩種比較不常見的極端情况之間，大部分石油的比重都为 0.80—0.95。这种石油是多少能流动的油液，顏色为深綠，褐色或帶紅色，並且有一定的螢光顯示。

地球化学家們曾作过一种極有意思的嘗試，他們选取世界上 200 多个油区的化学分析数据並求出平均值，目的想借此确定出有关普通石油的一些基本参数。他們努力的結果，獲得了下列这些表示普通石油性質的数字：15°C 时比重为 0.871；含硫分为 0.74%，含臘約 2.7%，蒸餾时工業馏分的產率为：煤油——16%，汽油——22%。

这些表示普通石油性質的数据是 B. A. 烏斯賓斯基和 O. A. 拉特欽克[131]根据他們按沉積的地質層系确定出的普通石油所具特征求得的(表 1)。

表 1

地 質 層 系	產油量 比例%	比 重	含硫%	含臘%	馏 出 物	
					汽 油	煤 油
寒武-志留紀	7.3	0.840	0.32	4.9	22	17
泥盆紀	3.71	0.833	0.20	3.4	29	18
石炭紀	14.86	0.839	0.27	4.3	27	16
二疊紀	4.02	0.869	1.58	2.2	25	8
三疊紀	0.03	0.834	0.22	4.1	10	18
侏罗紀	0.99	0.856	0.56	3.3	22	15
白堊紀	16.00	0.876	1.52	3.1	22	12
第三紀	53.06	0.886	0.67	1.9	19	17
古生代	29.92	0.842	0.45	4.1	26	15
中生代	17.02	0.875	1.45	3.1	21	12
新生代	53.06	0.886	0.67	1.9	19	17
平均	—	0.871	0.74	2.7	22	16

表1中的数字是用加权平均值計算出的,根据这些数据,我們可以對於石油生成問題得出一個非常重要而有意义的結論,我們以後在闡明石油生成學說時將就這個結論加以分析。這個結論就是:在地球全部地史期間,隨着地球的發展,曾經不止一次發生過石油形成作用,但是每次所形成的石油始終能夠保持相同的性質,變化是極小的。

但是這裡必須承認這一點,就是在自然界我們現在所見到的各色各樣的石油,那全是以後各種次生變化的結果,而這種變化是由下列各種作用的影響所造成的:氧化作用、過濾作用和硫化作用。就是在這些作用的影響下,原生石油的性質便發生了極大的變化。

表現得最普通而最顯著的次生變化,就是由氧化作用所引起的變化,其中大家所知道最簡單的形式,就是和地表空氣直接接觸、或者是在有空氣滲入的岩層中所發生的氧化作用。另外還有一種比較常見的和含氧水的作用有關的氧化作用,而在這種作用發生的時候,就有好些氧化產物同時被帶走。氧化作用還可能由於在儲油層里面有某些物質而發生的,譬如像那種可以促進鐵還原的物質等等。

由氧化作用所引起石油在性質上的改變,可以從外表上看出來,像由於有瀝青物質的重新形成,所以它的顏色會變得更黑一些;因為最輕的(低沸點)餾分揮發掉了,又由於它的重油成分起了一些化學反應,所以它的黏度和比重就都提高了。

經過一定沉積岩層的過濾作用所引起石油在性質上的變化,會使它的化學性質發生巨大變化,結果石油里的瀝青——樹脂物質——便消失了,這就必然會降低它的比重,並使它的顏色變淺。同時還可能發生一些其他非碳氫化合物和碳氫化合物組分上的分餾作用。

至於硫化作用,這是一種地球化學的因素,它所引起石油

性質上的变化，要比上面兩種作用的範圍更大一些。这种作用的意义之所以重要，因为在全世界的石油总量中，差不多有40%是硫化石油，而不含臘的瀝青石油，則最多不过佔5%。

这种硫化作用，是和碳酸鹽类含油岩層的存在有关的；石油中含硫分多的油田，如果在沉積岩層里常常还含有硫元素，則在它的地質橫剖面上一定还会有石膏層和硬石膏層。

这就是石油所具的地球化学特征，也就是決定我們在自然界所得到廣泛多样性石油的那些地球化学因素。这种多样性，基本上是因各种石油中主要元素——碳氫化合物(及其衍生物)——含量不同，这里还估計到这些碳氫化合物所含化学成分及瀝青——膠質的不同。

我們既然有了这个概念，知道石油的多样性，是因为碳氫化合物和瀝青——膠質在数量上配合的不同所造成的，就可以把各种碳氫化合物天然可燃气体作为比重極小並且具有適當餾分的石油在个别場合下的產物。

絕大部分的碳氫化合物天然气(以后將簡称为气)，是和油藏在一起的，在开采油藏时可以看見它总是和氮气，硫化氫以及其他气体混合在一起，难得看到有不和其他气体混雜的純天然气。所以，天然气一般可以当作一种富於气态碳氫化合物的气体混合物，大家所知道的，这种气态碳氫化合物，包括甲烷，乙烷，丙烷，丁烷与戊烷。后面三种，有时連乙烷在內，都叫做重碳氫化合物。

2. 石油与天然气在可燃有机岩系中所佔的地位

从化学性質上以及从我們以后会看到的成因上來說，液体石油和碳氫化合物气体(簡称烃气)与固体物質如地瀝青与瀝青岩是有联系的。还有人常常提到液体石油和焦瀝青与地臘，以及瀝青炭之間的关系。因此，我們就可以得到連續不断一系列