

高等学校教学用书

# 石油地质学

北京石油学院石油地质教研室编著



中国工业出版社

高等学校教学用书



# 石油地质学

北京石油学院石油地质教研室编著

中国工业出版社

“石油地質學”首先介紹了石油地質的基礎知識，然後着重的討論了石油的成因，油、氣藏的形成與破壞，油、氣藏與油、氣田的類型以及油、氣在地殼上分布規律等重要的理論問題。這些問題確是石油地質工作者必須掌握的理論基礎。

全書分四篇共十一章，約20萬字。主要為“石油地質及勘探”專業編寫的教學用書。亦可供地球物理勘探、測井、采油工程、鑽井工程及工業經濟等專業使用，並可根據專業需要進行取捨。此外，從事科學研究及現場工作的同志，亦可作為參考用書。

石油地質學

## 石油地質學

北京石油學院石油地質教研室編著

中國工業出版社出版（北京朝陽門外大街10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

石油工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

開本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印張8<sup>11</sup>/<sub>16</sub>·插頁3·字數219,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印數0001—993·定價（10—6）1.35元

統一書號：15165·147（石油—41）

## 前 言

石油地質学是为地質系石油地質勘探专业学生編写的，同时也可供有关的其他专业作为教材，以及其他院校石油专业选择試用。

本書是根据最近数年来教学經驗的积累，参考了国内外有关石油地質方面的某些新書刊，吸取苏联专家的教学方法，并本着一书多用原則編写而成。內容有些可少講，或者不講。因此，將內容（不是标题或章节）用大小字体分別排編，即較大字体部份应当講（也可少講），而較小字体部份可以少講或不講，供作参考或自学之用。教学上应由教师根据专业性質、学时多少和教学要求来决定取舍，当然也应不断补充新資料講授。

本書內容，除緒論外，分为四篇，包括十一章。第一篇为石油地質学的基础知識，描述瀝青类的物理及化学性質、地面油、气显示情况及儲油、气岩层性質；第二篇为石油的成因，討論石油成因問題的現狀及石油有机生成的現代科学概念；第三篇为油、气藏的形成与破坏，討論油、气运移、聚集、破坏等問題，并描述油、气藏和油、气田的类型；第四篇为油、气分布規律，綜合闡述油、气在地壳上的分布規律及含油、气区与大地构造的关系，并論及我国的油、气分布規律。

本書教学时数約自34至56学时，其中包括課堂討論2次。至于实验課則視各院校設備情况及与有关課程的协作关系可以自行安排。

本書是由本教研室石油地質教学小組集体編写修改而成，参加編写的有张更、张厚福、郝石生、王子文、刘繼德五人，后經由张家环、刘泽容、王义端、张貴坤、宋明格、黃醒汉、陈章



明、张长根等人组成的审查小组进行集体审查，部份插图由叶詠芳、刘繼德、王子文繪制。

这次编写，是初次尝试，限于我们的思想水平及业务水平，时间短促，缺点错误在所难免，希读者加以指正。

### 北京石油学院石油地质教研室

1961.4.20

## 目 录

## 前言

緒論 .....	1
第1节 石油地質学的任务及与其他課程的关系 .....	1
第2节 石油地質学的发展簡史 .....	3
第3节 石油在国民經济中的作用 .....	6
第一篇 石油地質学的基础知識 .....	8
第一章 石油瀝青类的物理和化学性质 .....	8
第1节 可燃有机岩 .....	8
第2节 瀝青类的基本概念和組份 .....	13
第3节 石油的化学性質 .....	15
第4节 石油的物理性質 .....	22
第5节 天然气的化学性質 .....	29
第6节 天然气的物理性質 .....	38
第7节 油气物質中碳的同位素 .....	43
第8节 固体瀝青 .....	44
第二章 地面油、氣显示 .....	51
第1节 地面油气显示的概念 .....	51
第2节 地面油气显示的型式及分类 .....	52
第3节 地面油、气显示的分布規律 .....	62
第三章 儲油、氣岩层 .....	65
第1节 儲油、气岩层的概念 .....	65
第2节 岩石的孔隙性 .....	66
第3节 岩石的渗透性 .....	75
第4节 儲油层的分类及其特征 .....	86
結語 .....	89
第一篇 参考文献 .....	90
第二篇 石油的成因 .....	91
第四章 石油成因問題的研究現狀 .....	91
第1节 研究石油成因問題的理論意义及实际意义 .....	91

第2节	石油成因问题的研究概况	92
<b>第五章</b>	<b>石油有机生成的现代科学概念</b>	<b>111</b>
第1节	科学论据	112
第2节	生油原始物质	115
第3节	生油环境	123
第4节	近代沉积中生油过程的研究	141
第5节	生油层系	147
第6节	其他问题	153
<b>結束語</b>		<b>157</b>
<b>第二篇</b>	<b>参考文献</b>	<b>158</b>
<b>第三篇</b>	<b>油、气藏的形成与破坏</b>	<b>160</b>
<b>第六章</b>	<b>油、气运移</b>	<b>161</b>
第1节	油、气运移概述	161
第2节	油、气运移的物理状态和方式	162
第3节	引起油、气运移的因素	163
第4节	油、气运移的途径	174
第5节	油、气运移的规模	177
第6节	关于油、气运移的争论问题	180
<b>第七章</b>	<b>油、气藏的形成与破坏</b>	<b>186</b>
第1节	油、气捕的概念	186
第2节	在各种油捕条件下油、气藏的形成	187
第3节	与油、气聚集有关的问题	195
第4节	油、气藏的破坏	203
第5节	油、气藏的再形成	207
<b>第八章</b>	<b>油、气藏，油、气田的类型</b>	<b>209</b>
第1节	油、气藏的概念	209
第2节	油、水（或气、水）接触面倾斜的原因	214
第3节	油、气藏类型	218
第4节	油、气田的分类原则与类型	223
第5节	各种油、气田的主要特征及其所属油、气藏	224
<b>第三篇</b>	<b>参考文献</b>	<b>237</b>
<b>第四篇</b>	<b>油、气分布规律</b>	<b>239</b>

<b>第九章</b>	<b>地壳上油、气分布一般规律概述</b> .....	239
第1节	油、气聚集带 .....	240
第2节	含油、气区 .....	243
第3节	含油、气盆地 .....	244
第4节	含油、气省 .....	245
第5节	地壳上油、气分布的某些特点 .....	247
<b>第十章</b>	<b>含油、气区分布的一般规律</b> .....	247
第1节	褶皱型含油、气区分布一般规律 .....	247
第2节	地台型含油、气区分布一般规律 .....	257
<b>第十一章</b>	<b>我国油、气聚集的一般规律</b> .....	264
第1节	我国含油、气区的类型 .....	264
第2节	我国油、气聚集的一般规律 .....	265
<b>第四篇</b>	<b>参考文献</b> .....	268



## 緒 論

### 第 1 节 石油地質学的任务及与其他課程的关系

石油地質学是地質科学領域中的一門新兴学科，也是矿床学的一个分支。它包括石油及天然气地質学原理、中国油、气田和外国油、气田三部份。前者屬理論部份，是綜合了世界各地石油地質勘探主要成果之后，总結概括出来的科学原理；后两者屬于这門学科的实践部份，根据基本原理来闡释、研究中国及外国的油、气田形成和分布規律，以便更好地指导油、气勘探工作，同时对中外油、气田的具体研究又可更加丰富和发展基本原理；所以这三部份之間存在着密切的內在联系。本教材只限于石油及天然气地質学原理部份。

欲闡明石油地質学的任务，宜首先了解石油及天然气的許多特点，它們在性質和埋藏条件方面均与其他固体矿产有着显著的差别。

一、石油及天然气的化学成分是以碳氢化合物为主，并含各种有机化合物的复杂混合物，这些有机化合物的混合物究竟是由什么物質变来的；在何种物理的、化学的、生物化学的及地質的条件下变成的；这些都是重要的石油地質問題。

二、石油及天然气都是流体，能够从生成的地方运移到其他岩层的孔隙空間里去，并聚集起来成为石油及天然气矿藏。欲查明其从生成到运移、聚集的复杂过程，就不仅涉及生油母岩的特征，同时还要研究岩层的孔隙性及渗透性，流体与周圍介質的关系，油、气运移的原因、方向和速度，以及其聚集的条件等問題；这些都与岩层形成时期的沉积环境、大地构造条件和后来經歷的地質发展历史有着密切联系。

三、在地質环境里，石油或天然气常常和水伴生在一起，甚至三者儲集在同一岩层里；但是，由于比重不同，油、气、水就

会发生分異作用，石油与天然气都比水輕，浮于其上，而天然气最輕，又会位于石油之上。因此，在各种动力作用下，油、气、水进行运移的过程中，只要遇見适当的封閉場所，石油及天然气就会上浮聚集而成油气藏；当岩层的地質条件不同时，就可能形成各种类型的油气藏；並且在其后所經歷的地質发展过程中，又可能会出现不同程度的变化。所以岩相古地理的变迁、地質构造特征及其发展过程，直接影响着油、气聚集的条件。

四、值得着重指出：到目前为止，从空間上看，世界上已經发现的油、气田有99.9%都分布在沉积岩发育的区域，在時間上則从寒武紀至近代的沉积中都有产出石油及天然气的可能性。这种分布規律都直接受各区域的地层剖面特征及区域地質构造所控制，因此，沉积剖面、大地构造、地質发展史及区域地質就成为石油地質工作者的重要研究对象。

五、石油及天然气矿藏的开采方法也有其显著特点，煤、鐵等等固体矿藏可用巷道采掘或露天开采，石油与天然气的开采，則必須通过鑽井方法，利用地下天然压力或人工措施使油气渗透过岩层而流到井底来。所以，綜合研究地层、构造、古地理、油藏类型等以确定油、气聚集处所和情况，是石油地質工作者的首要职责。

根据以上特点不难看出，石油地質学的任务是：

1. 根据石油、天然气及其衍生物的物理和化学性質，結合其所处的地質环境及地質发展經歷，研究它們生成的原因和条件，确定生油母岩的特征，以指导找油的方向。
2. 研究儲集石油及天然气的岩层物理性質，分析自然环境里引起油、气运移、聚集的条件及因素，查明油、气藏的形成与破坏情况。
3. 綜合分析各区域的地层、构造、岩相古地理及含油、气特征，找出油、气聚集的类型及在時間上和空間上的分布規律，以便更准确地指导油、气田的勘探工作。

总之，石油地質学的任务，是要运用地質、物理、化学及生物等科学的基本原理，来解释并确定石油及天然气的生成、运移、聚集和分布的规律性，以便为找寻、勘探及开发油、气田的重任奠定理論基础。

从上述特点及任务可知，在学习石油地質学之前，需要具备数学、物理学、化学(包括有机化学在内)、生物学等基础理論科学和普通地質学、矿物学、岩石学、古生物学(包括微古生物学)、地史学、构造地質学、大地构造学、中国区域地質学等地質課程的基础。

石油地質学是石油地質勘探专业的基本理論課程，是进一步学习油、气田的綜合勘探(包括地質、地球物理及地球化学等勘探在内)、凿矿地質、鑽井、采油及油、气田开发等专业課的理論基础。所以，无论是石油地質工作者、地球物理工作者、鑽井工作者、采油工作者、或是石油經濟工作者，都必须掌握石油地質学的基本原理，才可能更好地进行工作。

## 第2节 石油地質学的发展簡史

据史册記載，我国在二千年前秦、汉时代就有了关于石油及天然气的記述；公元前250年，我国劳动人民已在四川广都开始土法鑽凿盐井(見晋朝常璩著《华阳国志》)，鑽至天然气层发生井噴，当时称为“火井”，后来用竹管輸气，引“火”煮盐。所以，我国是世界上开始鑽井和利用天然气最早的国家。在俄国巴庫地区及中东美索布达米亚平原也很早就发现了石油及天然气，当时劳动人民进行土法采掘，应用于照明、防水(涂船底、鵝夷囊)、膏車(用作潤滑油)、医藥(治疥疮、杀菌)、农藥(防害虫)、建筑、火攻(战争)等等，有时也当商品买卖。

从俄国(公元1848年)及美国(1859年)开始用机械鑽井之后，就陆續鑽了大批井，噴出大量石油，产量剧增，炼油工业也随之发展。

在石油工业发展初期，专门提炼煤油用来照明，其价值比植

物油及鯨魚油低廉，而光度較強，容易燃點，深受人們歡迎。而當時餾份中的輕油或汽油尚無法利用，且容易爆炸，造成巨大損失，人們往往把它當作廢物燃燒毀掉或倒入地坑（暗井）中。

石油地質學的發展是與石油工業的生產實踐過程緊密相關的。自從十九世紀中葉進入了石油工業的進一步發展時期後，石油地質學也就由過去的萌芽狀態迅速發展起來。當時，人們首先接觸的是地面油苗，因而總是在油苗附近進行鑽井，由於很多油苗常出現在背斜軸部，所以也常可鑽到石油。可是在實際鑽探過程中，鑽探失敗者也屢見不鮮，因而人們迫切希望掌握油、氣藏的分布規律，在這實踐過程中不斷的摸索，經驗表明油、氣藏的分布常與背斜構造有關，於是俄國阿比赫院士（1842年）、加拿大地質學家 W. 洛干（1842年）及英國學者 H.D. 羅傑斯（1860年）陸續提出了“背斜說”，認為石油的聚集與背斜層有密切關係。這樣，使石油地質學的理論向前推進了一步。可是美國卻還停留在“河溝底說”、“趨向說”等等“假說”階段，至1884—89年才開始應用“背斜說”。

自從十九世紀80年代發明了內燃機後，汽油、煤油及柴油開始用作重要燃料，對石油的需要量大增，並且出現了裂化、氫化及疊合等等方法，使汽油產量大大超過了煤油。後來，石油的用途日益廣闊，也成了化學工業的重要原料及各種機器用的重質燃料。

這個時期，由於對石油需要量的迅速增長，也促進了石油地質學的進一步發展。石油成因的各種假說大量出現，實驗室的化學試驗及天文學方面的成就，為俄羅斯化學家 Д.И. 門捷列夫的碳化物說、В.Д. 索可洛夫的宇宙說奠定了基礎，門氏並提出了石油是儲集在孔隙地層中的科學概念。

十九世紀末葉，世界資本主義開始進入了垂死階段，特別是蘇聯十月社會主義革命成功後，在資本主義世界裡打破了缺口，出現了第一個社會主義國家。從此，社會主義蘇聯與資本主義國家的石油工業及石油地質學的發展成為鮮明的對比。



帝国主义为了劫取最高的利潤，向外掠夺，乱施开采、破坏油田，在这些国家里石油地質学原理很难得到发展；而社会主义的苏联发展石油工业是为了建設社会主义与共产主义社会，大力进行勘探和开发，发展速度很快。若以 1917 年产量为 100%，到 1956 年苏联的石油产量已增长了 8.8 倍，早已远远超过了美国的增长率；美国將石油年产量从 9800 万吨增加到 35200 万吨用了三十三年，而苏联准备不用一半时间就可超额完成；特别值得注意的是最近五年（1953—1957）中，苏联采油量的绝对增长数（5100 万吨）也大大超过了美国（4200 万吨）；在儲量方面对比更加鮮明，据美国资产阶级专家自己的估計，石油儲量仅供开采 12—13 年，还不及中东一个島国——科威特，而苏联繼开发巨大的伏尔加-烏拉尔含油、气区后，在西伯利亚又发现了重要的新油、气田，儲量更加可观，引起世界各国的注意。由上看出：正是社会主义的苏联蒸蒸日上，帝国主义的美国却在日暮途穷！

正因为苏联石油工业的发展很快，必然促进石油地質学的蓬勃发展，И.М.古勃金院士在綜合前人的石油成因假說后，提出了动植物混合生成的腐泥說，为石油有机生成学說的現代科学概念打下了基础，並於 1937 年发表了著名的“石油学”一書；在实际工作中，他对高加索地区的研究富有成效，发现了“带状油藏”、揭示了泥火山与石油的关系；更重要的是，他在贯彻苏共第十七次大会決議，开发第二巴庫的过程中，贡献很大。

在苏联共产党的培养下，涌现出大批优秀的石油地質学家，如 М.Ф. 米尔欽克、А.А. 特拉菲莫克、А.А. 巴基洛夫、И.О. 布罗德、В.В. 維別尔及其他許多著名学者，总结了苏联石油勘探的丰富經驗，提出地层因素及岩性因素在油、气藏形成过程中的重大意义，发展了油、气聚集原理，扩大了石油勘探范围；随着地球物理勘探及地球化学勘探方法的广泛采用，发现了許多潜伏隆起、盐丘及珊瑚礁块油、气田；特别是近十年来，苏联石油地質学界連續举行的几次石油成因及运移問題的討論会，大大促进了石油地質学原理的发展。

我国解放以前，在帝国主义及反动政府的扼杀与摧残下，石油工业奄奄一息，石油产量少得可怜，1942年的产量最高也不过32万吨，1949年还不到13万吨

可是，新中国成立十年多以来，由于党的正确领导、全体石油职工的辛勤劳动，以及苏联和其他兄弟国家的无私援助，我国的石油工业获得了飞跃发展。发现许多新油、气田，扩建了原有的油、气田；1959年石油产量约为1949年的29倍。可以预期：我国的石油工业远景真是无限美好！

我国十年来的生产实践证明：在陆相地层中找到了许多油、气田，储量异常丰富，不但以铁一般的事实驳倒了帝国主义的“专家”、“学者”捏造的“陆相地层不能生油”、“中国贫油”等等谬论，并且改变了过去石油地质学中“重海相、轻陆相”的观点，把石油地质学原理大大向前推进了一步。

总之，石油地质学是随着生产实践的发展而发展的。现在，它已从地质科学领域中独立出来自成一门重要的学科，对于石油地质勘探的生产实践正在有成效地发挥着指导作用。但是，也正因为它很年青，许多原理尚不够严谨完善，在石油的生成、运移、聚集、分布及其与大地构造的关系等方面都还有待于石油地质工作者去进一步丰富和发展它。

### 第3节 石油在国民经济中的作用

“黑色的金子”、“工业的血液”！从这些称呼里，已可略窥石油在国民经济中的作用多么重要和宝贵！

的确，在这廿世纪的六十年代，石油在国民经济的各个方面都有着极其重要的作用。到目前为止，已知从石油中可提炼出一千多种产品，在很多工业部门，特别是对重工业部门，石油能提供比煤的热值高、使用轻便的燃料和润滑油料；假设没有石油，许多工业机器都将停止工作；工业上需要石油正如人体需要血液一样重要；实现农业机械化的拖拉机、康拜因，各种交通运输工具如轮船、汽车、飞机等都离不开石油；在国防建设上，石油也是极

其重要的原动力。

另一方面，石油还是许多化学工业上的重要原料。例如，化学加工有机合成的橡胶、塑料、合成纤维、电木等；人民生活上需要的许多医药、化粧品；以及农业用的某些杀虫剂等；其原料多与石油有关。此外，如石蜡、瀝青、煤油（灯油）、炭黑以及其他产品都与人民日常生活及国民经济的各个部门有着密切的关系。

由上可知：石油、天然气及固体瀝青在国家工业化、农业机械化、交通现代化及国防现代化的过程中，都佔着极其重要的地位。因此，牢固掌握石油地质学原理，更有效地为祖国找到更多的大油、气田，这就成为我们石油地质工作者的光荣而艰巨的任务。我们坚信：在党和毛主席的正确领导下，在社会主义建设总路线的光辉照耀下，发奋图强、艰苦奋斗，一定能把我国建设成为一个社会主义的工业强国！

# 第一篇 石油地质学的基础知识

## 第一章 石油瀝青类的物理及化学性質

### 第1节 可燃有机岩

由于动植物有机体的活动而形成的矿物和岩石称为有机岩。有一部分的有机岩中含有大量的炭和氢的化合物，具有燃烧的能力；这种能燃烧的有机岩就叫做可燃有机岩。

很明显，石油和天然气是一种天然的可燃矿产。除此之外，在自然界中还有許多的这种可燃矿产，例如各种类型的煤、固体瀝青、油頁岩、一部分的硫等。

可燃有机岩的燃烧能力，决定于它本身所具有的有机物含量。但是，这种有机物的含量，在不同的可燃有机岩中是极其不同的，並且差別很大，变化在3%至95—100%之間。可燃有机岩中不能燃烧的部分，是由无机的矿物盐类所組成的。

不同的可燃有机岩的形态和物理性質相差很大；有气体的、液体的、半固体的和固体的等。

岩石可以划分为三大类型，即岩漿岩、沉积岩和变質岩。

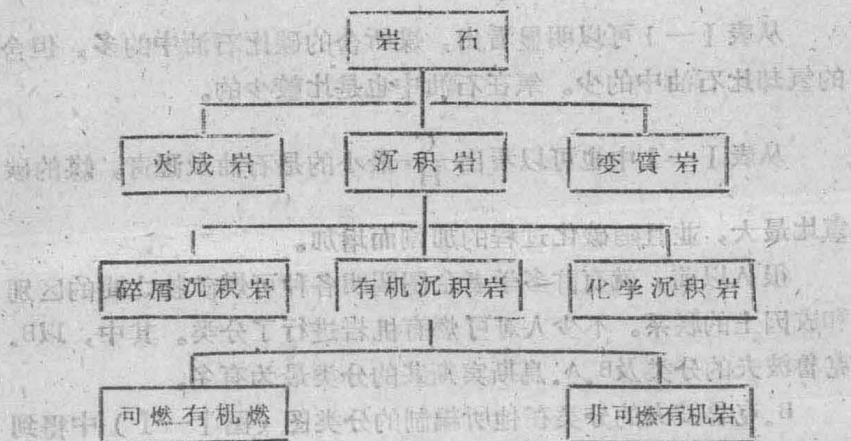
沉积岩的形成，是由于地壳表面受到了不同的地質營力，而使原来的母岩（可能为岩漿岩、变質岩或原有的沉积岩）破坏成为碎屑或溶解物，并經過这些營力作用，將这些被破坏后的物質帶到适当的区域内沉积下来（在沉积时也可能有生物尸体参加），而形成各种不同类型的沉积岩。

沉积岩按成因又可分为三类，即碎屑沉积岩，化学沉积岩及生物（有机）沉积岩。其中有机沉积岩是我們討論的主要对象。

有机沉积岩是由各种古代生物尸体或它們的介壳的堆积而形成的，例如煤、介壳石灰岩、珊瑚礁块等。

依有机沉积岩是否具有可燃性而將它分为两组，即可燃有机岩与非可燃有机岩。





非可燃有机岩，在自然界中的分布是极其广泛的，种类也很多，如白垩、有孔虫石灰岩、介壳石灰岩、珊瑚礁岩等就是例子。

可燃有机岩，在自然界中的数量也不少，种类更加繁多，其中有些是具有工业价值的，成为工业上不可缺少的原料和燃料。正因为这样，许多人都来研究它的特性、生成原因和产状，以便去寻找它和开发它。

碳和氢在可燃有机岩中，是主要的组成元素，但是其中亦有少量其它杂质，如氧、氮、硫等。这里，我们举出可燃有机岩中的主要元素百分含量，如表 I—1：

表 I—1 可燃有机岩中的主要元素含量 (%)

名 称	C	H	O	$\frac{C}{H}$
无烟煤	92—97	2—4	2—4	—45
烟煤	82—92	2.5—5	5—8	16—20
褐煤	65—70	5—6	25—30	13—16
泥炭	55—60	5—6	25—30	15—12
石油	80—88	10—14	—1	5.9—8.5
沥青	78—89	8—12	7—8	6—10
琥珀	85—86	10—12	3—5	7.3—8.2
腐泥岩	44—61	5—8	20—25	7—9