



TE-49
L31

李德生 罗群 著

石油

—— 人类文明社会的血液



清华大学出版社



暨南大学出版社

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

石油——人类文明社会的血液/李德生,罗群著. —北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社,2001

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-04856-8

I. 石... II. 李... III. 石油-普及读物 IV. TE-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 088686 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

暨南大学出版社(广州天河,邮编 510630)

<http://www.jnu.edu.cn>

责任编辑: 宋成斌

印 刷 者: 北京鑫丰华彩印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 **印张:** 5.375 **彩页:** 2 **字数:** 105 千字

版 次: 2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04856-8/G·236

印 数: 0001~5000

定 价: 12.00 元

前 言

朋友,当你乘坐在高速奔驰的汽车上,或乘坐在舒适而平稳的喷气式飞机上,感受飞一般的感觉,欣赏窗外流动着的美丽山河风光时;当你点燃绚丽多彩的生日蜡烛,聆听“祝你生日快乐”那美妙动听的旋律而沉浸在幸福满足的氛围中时;当你穿上舒适高雅、美丽潇洒的时装,引来众多羡慕不已的目光而洋洋得意时;当你回到窗明几净、装饰得富丽堂皇而充满温馨的家,享受天伦之乐时……朋友,你是否想到过“石油”?提到这个问题,你一定会惊奇地反问:“我为什么要想到石油,这一切与它有什么关系?”不,朋友,你错了,事实上,没有石油,就没有这一切,你信吗?

不妨听我给你讲一讲关于石油的故事。

在人类社会发展的历史长河中,有许多促进人类文明进步的重大事件:火的利用、青铜器的炼制和使用、煤的发掘和用做燃料、电的发现和使用、蒸汽机的发明、石油和天然气的利用、内燃机的广泛应用,以及本世纪中期计算机技术的出现等,都对人类社会的文明进程产生了深刻的影响和巨大的促进作用,而石油和天然气的发现及利用则是这些闪耀着文明光辉的事件中最璀璨的明珠。

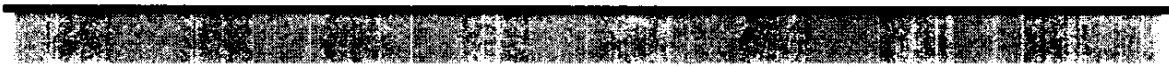
石油与我们的日常生活息息相关,我们的衣食住行都离

不开石油。我们身上穿的化纤衣服,做饭、取暖用的天然气和液化气,乘坐的汽车、火车、轮船和飞机的燃料都与石油有着密切的关系。就连自行车的轮胎也来自石油化工产品——橡胶。而车轮和一切机械轴承的润滑油,也是石油炼制后的产品。公路和高速公路上平坦的沥青路面也是由石油加工后的残渣铺成的。

石油、天然气及其化工产品在国民经济中发挥着重要的作用。首先,它们是能源的主要提供者,由石油炼制的汽油、煤油、柴油、重油主要作为汽车、拖拉机、飞机、轮船、锅炉的燃料。其次,石油化工产品是被称为三大材料(合成塑料、合成橡胶和合成纤维)之一的高分子合成材料的主要原料,除合成材料外,石油化工还提供了绝大多数的有机化工的原料。第三,石油化工促进了农业的发展。农业是我国国民经济的基础产业,石油化工提供的氮肥占化肥总量的 80%;农用塑料薄膜、农药以及大量农业机械所需各类燃料,都来自石油化工。第四,各工业部门都离不开石油化工产品。现代交通工业的发展与燃料供应息息相关,可以毫不夸张地说没有油气燃料就没有现代交通运输工业。金属加工、各类机械毫无例外地需要的各类润滑材料及其它配套材料也要消耗大量的石油化工产品。建材工业是石化产品的新领域,如塑料管材、门窗、铺地材料、涂料等化学建材都依赖于石油化工。轻工、纺织工业是石油化工产品的传统用户,其新材料、新工艺、新产品的开发和推广,处处都有石化产品的身影。另外,当前高速发展的电子工业及诸多高新技术产业,所需

材料,大多是以石油化工产品为原料的精细化工产品。石油还是医药、农药、炸药的主要原料。现代国防和宇航工业所用的比钢还硬的“玻璃钢”和绝缘材料、高沸点石蜡以及各种润滑油也都是石油的炼制品和合成品;坦克、装甲车、导弹、航天飞机都离不开石油。所以,斯大林曾说:“没有石油就没有国防”。目前,石油还应用于制造药品、生物助长剂、防腐剂等方面。石油炼制的最终产物是沥青和油焦,前者是建筑和铺路的好材料,后者是炼钢的好燃料。此外,石油还是重要的润滑油料,从微小精密的钟表到庞大高速的发动机,都必须润滑才能转动,所以人们把润滑油视为机器的“食粮”。据不完全统计,利用石油和天然气为原料制造的化工产品达5000余种,广泛地用于工业、农业、国防、日常生活等国民经济的各个部门,渗透到社会生活的各个领域,石油在国计民生中占有越来越重要的位置。所以,我们说,当人类经历了渔猎社会、畜牧社会、农业社会而进入工业社会时,石油就不仅仅是“工业的血液”,更是“人类文明社会的血液”。石油(及其化工产品)像血液一样将各种“养分”通过输油管道(血管)、铁路(大动脉)、江河、海洋等途径输送到现代社会的各个领域,滋润和促进着人类社会文明的不断进步。

既然石油与我们的生活关系如此密切,对促进人类文明社会的进步有如此重要,那么,人们一定会问:石油到底是什么,它是怎样产生的?该到哪儿去找它,怎样才能找得到呢?找到后如何将它“拿”到手,怎样把它制成有用的东西?到底地球上总共有多少石油,已经找到了多少,还有多少没找到,



到什么时候将用完所有的石油,石油用完了我们该怎么办?
等等。本书就是要向读者朋友回答这些科学问题。

李德生

2000年3月



1

石油的本质与成因

石油在国民经济和社会生活中的地位和作用极为重要,被誉为“黑色的金子”。它真是黑色的吗?我们大多见过汽油、煤油或柴油,那么石油与它们一样吗?石油是由什么东西变来的呢?

1.1 石油到底是什么东西

石油这个名词,大家不会陌生,但究竟什么是石油,回答恐怕就不那么确切了。对这个问题,这里不妨用一句话来表达,那就是:石油是赋存于地下岩石孔隙中以碳氢化合物为主要成分的液态可燃矿产。

石油在国民经济和社会主义建设中的地位作用极为重要，被誉为“黑色的金子”。

由此可知，石油是一种液态物质。从地下采出来的石油，没有经过加工提炼之前通称为原油。原油中的化学元素主要有碳、氢、氧、氮、硫，其中碳和氢约占 95%~99%，剩下的氧、氮、硫和其它微量元素只占总含量的 1%~5%。这些元素大多以化合物的形态出现。我们把石油中名目繁多的化合物分成两大类，一类是由碳、氢元素组成的化合物（通常称为烃类化合物），如环烷烃、烷烃和芳烃，这是原油的主要成分；另一类是含氧、氮、硫的非烃化合物，如含氧的酚，含氮的卞啉，含硫的硫醇等。

由于天然气常与石油相伴而生，因此，这里我们就先来谈谈天然气。它也是赋存于地下岩石孔隙中的可燃矿产，与石油不同的是它以气态形式存在。从广义上讲，除了以碳氢化合物组成的可燃气体外，凡经地下产出的任何气体都可称为天然气，如二氧化碳、硫化氢气等。本书所说的天然气是指可燃气体。

从前面提到的石油和天然气（以下称油气）的概念可知，它们是赋存于地下岩石的孔隙之中的矿产，其存在状态并不像人们所想象的是“地下油河”、“油湖”，甚至“油海”。我们知道，岩石是天然产出的具有一定结构和产状的矿物集合体，它包括孔隙和岩石实体两大部分，而其中的孔隙正是油气赋存的空间。岩石的孔隙有大有小，大的直径可达数米甚至更大（如碳酸盐岩中的溶洞），小的孔隙其直径以微米计算，用放大镜才能看得见。特殊情况下，如果岩石的孔隙极小而裂缝很多，油气也可赋存于裂缝之中。

原油具有丰富多彩的颜色，一般有白色、淡黄色、褐色、

石油是多种化学物质的混合物,是广泛使用的工业原料,对石油的开发和利用已成为人类文明社会发展的一个明显标志。

墨绿色和黑色等,我们常见的石油一般都是黑色。

石油的基本物理性质有密度、黏度、凝固点以及在荧光灯照射下发出的颜色各异的荧光等。石油的相对密度介于水和天然气之间,一般为 $0.75 \sim 1.00$;黏度则是反映石油流动特征的参数,黏度越大,越难流动,开采和运输越难。石油开始不再流动时的温度叫凝固点。石油的物理性质与其化学成分及含量有关,如凝固点与蜡的含量有关,蜡含量越高,凝固点越高,越难流动和运输。

我们了解石油的化学成分和物理性质的目的是为了寻找它,改造它和利用它。比如原油的某些物理化学性质保留其形成时的特性,就像婴儿的“胎记”一样,专业人员通过潜心研究可以追溯它的形成、变迁和分布规律,从而找到更多的石油。再如,可通过给高黏度的原油加温以降低其黏度,使它容易流动,达到多采油的目的。石油由多种化学成分组成,意味着它是广泛的工业原料,通过炼制和加工可得到多种石油化工产品。因此,对石油的开发和利用已成为人类文明社会发展的一个明显标志。

1.2 石油是怎样形成的

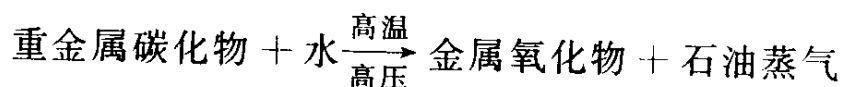
任何事物的形成都有一个过程,都有其一定的形成原因和条件。既然石油和天然气对我们来说如此重要,现在也知道了它们是什么,那么好奇的读者朋友一定会问,石油是从哪里来的,又是什么东西变的,如何变的?这就涉及到石油的成因(即形成原因)问题。

对油气形成原因,学术界有三种不同观点:油气无机成因说、油气有机成因说和油气成因二元论。

石油是由什么东西变来的呢?这是自然科学领域长期争论不休的重大问题,由于问题本身非常复杂,不同的学者从不同的角度提出了自己的看法。归纳起来,对油气形成原因,学术界有三种不同观点:油气无机成因说、油气有机成因说和油气成因二元论。不同的观点在不同的时期占有不同的地位和起不同的作用。

(1) 油气是由无机物变来的——油气无机成因说

无机物就是与生命活动无关的东西。无机成因说出现于 18 世纪后期至 20 世纪中叶,包括碳化说、宇宙说、岩浆说和陨石说等,这一类假说认为石油的生成是由宇宙天体中简单的碳、氢化合物,或地下深处岩浆中所含的碳和氢以无机方式合成的。地球形成初期,这些简单的碳氢化合物被岩浆或岩石吸收,然后转入地壳深处,经高温高压和复杂的化学作用,逐渐使分散的、少量的碳、氢化合物集合起来,当岩浆上升冷凝时,分离出石油,这些石油沿裂缝、断裂运移到地下各处形成油藏。如俄国科学家门捷列夫(1876 年)根据在实验室可以通过无机合成途径得到碳氢化合物的实验结果,提出石油是地下深处的重金属碳化物与下渗的地下水相互作用生成的,其反应方程可表示为



反应所生成的石油蒸气在地壳中上升的过程中冷凝在地层的孔隙中,这就是石油形成的碳化说。从化学观点看,这个假说没有问题,但它的致命弱点是,地下有无重金属碳化物以及地面的水能否穿越软流圈渗到地下深处。索柯洛夫在

俄国科学家门捷列夫提出石油是地下深处的重金属碳化物与下渗的地下水相互作用生成的,这就是石油形成的碳化说。

19 世纪晚期所提出的宇宙说是无机起源派的另一典型代表。其理论依据是:在一些天体中发现有碳氢化合物,如在水星、土星、天王星、海王星等的气圈中。索柯洛夫认为碳氢化合物是宇宙所固有的,早在地球还处于熔融阶段即已存在于气圈之中,后来随地球冷却而被吸附并凝结在地壳上部,当这些碳氢化合物沿裂隙向地表运移的过程中聚集起来便可形成油气藏。这个假说不能解释的现象是,地球早期即使存在碳氢化合物,但其结构简单,分子量小,而石油的分子量很大而且结构十分复杂。

虽然人们从理论上和从实验中可以通过无机方法合成某些烃类,或在火山喷发岩中也发现有沥青(石油氧化的产物),甚至在岩浆岩中还找到了为数极少的石油,但无机成因说却有一些无法解释的现象:首先,世界上几乎所有的油气田均产于有机物丰富的沉积岩中而不是有机物贫乏的岩浆岩或变质岩中;其次,在石油中发现了许多指示有机成因的生物标记化合物,如血红蛋白、叶绿素等;第三,石油成分中具有旋光性,这是生物所特有的性质。因此,现在只有少数学者仍坚持石油无机成因学说。

(2) 油气是由有机物变来的——油气有机成因说

早在无机成因学说出现之前和兴起的同时,有机成因学派也相继提出了一些方案、证据和观点,并逐渐占了上风。有机成因学说者认为,油气是由生物(动物、植物)死亡后形成的有机物转变而成的。早在 18 世纪中叶,俄国学者罗蒙诺索夫就提出蒸馏说,认为石油是煤(植物遗体演变的产物)在地下经受高温蒸馏的产物。这是石油有机成因说最早的

18 世纪中叶,俄国学者罗蒙诺索夫提出腐殖说,认为石油是煤在地下经过高温腐殖的产物。这是最早的石油有机起源学说。

科学论断之一,也是最早的石油有机起源学说。18 世纪 60 年代以后,先后出现动物说、植物说和腐泥说等学说。比如,就形成石油的原始物质,研究者根据自己的观察和实验分别提出过以低等动物为主的动物说,以藻类为主的植物说,以及动植物混成说。植物说者认为,可能成为生油母质的藻类有蓝藻、甲藻、绿藻和硅藻,如图 1.1 所示。

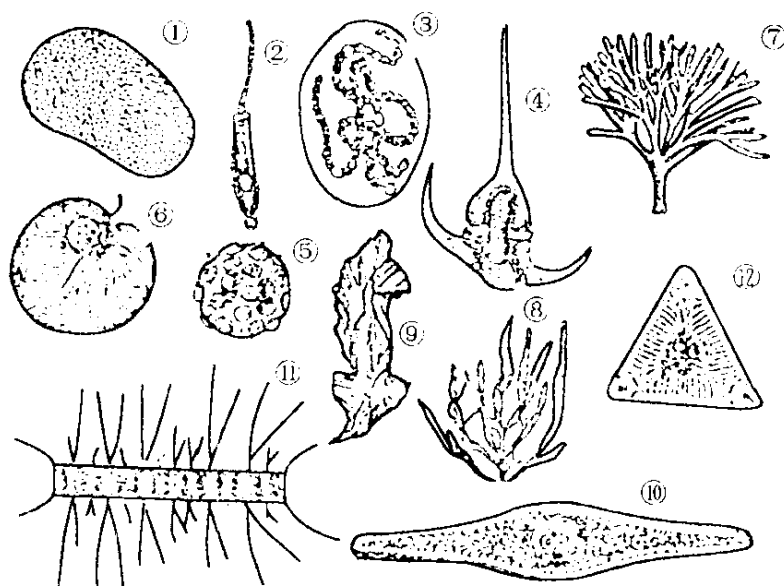


图 1.1 生成油气的藻类

蓝藻:①—微囊藻;②—胶刺藻;③—念珠藻;

甲藻:④—三角藻;⑤—金褐球鳞藻;⑥—夜光藻;

绿藻:⑦—刺松藻;⑧—浒苔;⑨—海白菜;

硅藻:⑩—纺锤状硅藻;⑪—角刺藻;⑫—三角硅藻

进入 20 世纪以来,有机学派的优势再次日趋明显,主要原因是在石油中找到了生物起源的直接证据,即卟啉和旋光性。动植物混成说经波东尼(1906 年)的发展,已构成现代

20 世纪 60~70 年代科学家认为只有当母岩埋藏到一定深度和温度时,生物有机质才显著地产生大量的石油,这就是晚期生油说。

有机生油说的雏型。波东尼认为,动植物都是成油原始材料,它们同矿物质点一起形成腐泥岩,后者经过天然蒸馏即可产生石油。在混成说基本确立以后,人们转而注意有利生油的生物化学成分,于是出现了脂肪说、蛋白质说。古勃金(1932 年)认为,各种生物化学组成均可参与生油,它们来自海洋动植物残体,也可来自陆地携入的生物分解产物,含有这些分散有机质的腐泥就是将来生油的母岩,母岩早期由于细菌的作用而产生分散状态石油,晚期由于负荷加大将油水一起挤入多孔地层,继而油水按比重分开,形成油藏。至此建立了完整的生油理论。

有机生油理论形成后,进一步的争论逐渐转为石油是早期(沉积物形成初期)生成的还是晚期(沉积物经成岩作用形成岩石后)生成的。20 世纪 50 年代前后,早期生油说相当活跃。斯密斯(1954 年)引进先进的分析技术,首次在现代沉积物中发现烃类(石油的主要成分),进而得出石油在沉积早期即已形成的结论。但是,早期生成的石油和晚期生成的石油相比,无论在质量上和数量上都有很大差异。20 世纪 60~70 年代,科学家通过生油母岩的详细研究,认为只有当母岩埋藏到一定深度和温度时,生物有机质才显著地产生大量的石油,这就是晚期生油说。晚期生油说赢得了大多数人的拥护。近几十年来,由于石油有机化学和近代沉积学的发展,以及世界各国大规模石油勘探活动的开展,积累了丰富的资料,使石油晚期有机成因理论日趋完善,现已成为指导油气勘探实践的最基本理论之一。

(3) 石油既可以是由有机物转变而来的,也可以是由无

在目前已经开发的油气田中,确实找到了无机成因的石油和天然气。……于是诞生了石油成因的二元论。

机物转变而来的——石油成因的二元论

尽管石油的晚期有机成因学说被大多数人所接受并占了绝对优势,但有机成因说也遇到了自己难以解决的矛盾,比如,成油母岩干酪根组成中严重缺氢,难以生成氢含量十分丰富的烃(石油的主要组分);大量生物的突然死亡而又奇妙地聚集在一起很难理解。另一方面,在实验室采用无机合成的方法生成了石油中的碳氢化合物。通过对天体的观察发现某些无生命的星体确实有碳氢化合物的存在。近年来,随着科学技术的发展,无机成因的证据越来越多,更重要的是,在目前已经开发的油气田中,确实找到了无机成因的石油和天然气。这些现象不得不使思维敏捷的科学家用辩证、全面的观点重新考虑石油的成因问题,于是诞生了石油成因的二元论,即认为油气既可以是有有机成因的,也可以是无机成因的。在一个油气田中的油气可以是两种成因的油气混合。石油的成因二元论开阔了人们的思维空间,也拓宽了寻找石油和天然气的范围,正被越来越多的人所接受。

2

石油资源的发现、认识、 利用与发展

人类是万物之灵,在其进化过程中总是不断地通过认识自然、利用自然和改造自然来发展自己。石油是自然界赐给人类的最宝贵财富之一,对人类的文明产生了重大的推进作用。可是人类发现石油、认识和利用石油经过了曲折的历程。

2.1 是谁首先发现了油气

世界上有许多民族在古代就已通过油气苗(石油和天然气在地表的出露)发现了石油,比如在伊朗、伊拉克和其它一些地方

石油是自然界赐给人类的宝贵财富之一,人类发现石油、认识和利用石油经过了曲折的历程。

的考古挖掘中,就发现了地沥青或沥青(石油被氧化的产物),并被用于建筑、筑路、油漆、防水和医药等。此外,在德国的维兹、法国的佩谢尔布龙、意大利的西西里岛、西班牙的加里西里、日本的越后、南美的特立尼达、印度尼西亚的苏门答腊以及前苏联的巴库,古代都曾经发现过油气苗。另外,在美索不达米亚用楔形文字写的藏书中,埃及金字塔里用象形文字写的书中,墨西哥阿支特克族的桦树皮上的绘画文字中,都曾记载了有关石油的描述。

我们中华民族是聪明、智慧、勤劳、务实的民族,我们的祖先对石油早就有所发现和认识。实际上,我们发现和利用石油的时间要比有文字记载的时间早得多。

关于我国石油的最早记载,首先见于东汉历史学家班固(公元32年—92年)所著的《汉书》,该书《地理志》中写道:“高奴,有洧水,可燃。”这里所说的“高奴”是地名,指现今陕西省延安东北一带;“洧水”是一条河的名称,即现在的清涧河;“可燃”指水面上有可以燃烧的东西,即石油。《汉书》是一部记载西汉(公元前206年—公元8年)历史的书,因而在陕西延安东北发现石油,当在班固之前,距今已有2000多年历史了。从那以后,有关石油的记载就更多了,如西晋司马彪(?—公元306年)所著《后汉书·志》、西晋人张华所撰《博物志》(公元267年)中的石漆、水肥,唐朝李吉甫(公元758年—814年)在《元和郡县图志》中的“石脂水”,都是指石油。发现油苗的地点,包括陕西延长、甘肃酒泉、新疆库车和准噶尔盆地南缘的精河县等地。

中国是世界上发明和利用石油最早的国家之一，是当之无愧的。

由上所述，世界上许多国家都有很早就发现石油的历史记载，至于我国发现石油的时间是否比他们更早，迄今为止，尚无足够的、确切的资料加以证明。但是，称我国是世界上发明和利用石油最早的国家之一，则是当之无愧的。

至于天然气，我们的祖先发现得更早。我国西周时期（约公元前 11 世纪—公元前 771 年）的《周易》中就有“泽中有火”的记载，说明天然气燃烧的自然现象，距今已有 3000 多年了。根据已有的文献记载，北起长城内外，南到云贵高原、四川盆地，西至嘉峪关外，东临黄海之滨和台湾，古代都曾发现天然气。

地球表面的油苗、气苗是石油和天然气的直接标志。出现油气苗的一种情况是，由于地壳运动，导致岩层的破裂，地下岩层孔隙中的油气，在地下巨大压力的作用下沿岩石破裂面（带）向上流动到地表，形成油气苗。另一种情况是，地壳运动使储集有油气的地层抬升到地表，由于风化剥蚀作用使含有油气的地层遭破坏，油气便暴露到地表，形成油气苗。今天在新疆克拉玛依油田的黑油山上，还能见到石油从地层破裂面（断层）上汪汪流出的情景。油苗或是被氧化变成黑色的沥青，或被水带入河流中冲走，形成如前述“高奴有洧水可燃”。气苗则有喷气现象，在水中可见到气泡。这些油气苗都有明显的标志，容易被人发现。若遇到像雷电这样的自然现象还易引起大火，如《素问》中所说：“泽中有阳陷如火，烟腾腾而起于水面”，则更易被人发现。