

第一章 绪 论

内 容 提 要

本章着重介绍了《石油地质学》的内容范围、石油和天然气在国民经济中的作用、中国和世界石油工业发展的简单历史以及当前石油勘探的发展趋势。目的在使读者对这方面的问题有一个概略了解，作为阅读本书的一个基础。

第一节 本书的内容范围

石油地质学，广义地说，是一门综合性科学。它大体包括：石油和天然气从生成到聚集为矿藏的地质学原理；调查和勘探石油和天然气的各种地质，地球物理和地球化学原理、步骤和方法，以及油气田开发的地质学原理及工艺技术等三大部分。在国外有关的石油地质学教科书中，大都以第一部分为主，并程度不等地反映了第二、三部分内容。但根据我国习惯，在石油地质学专业里除设《石油地质学》外，大都还分设了《石油及天然气的调查与勘探》、《地球物理勘探》、《地球物理测井》、《油矿地质学》以及《油田开采》等课程，所以本书只涉及了上述第一部分内容。

第二节 石油和天然气在国民经济中的作用

石油和天然气是极为重要的燃料，它们具有燃烧完全、发热量高、运输方便等优点。表1-1所示为油气与煤等其它燃料发热量的比较。

表 1-1 不同种类燃料的发热能量

燃料种类	发热量(千卡/公斤)	燃料种类	发热量(千卡/公斤)
1. 木柴	2000~2500	5. 无烟煤	6500
2. 泥炭	2000~3500	6. 石油	10000
3. 褐煤	2000	7. 汽油	11000
4. 烟煤	5000	8. 天然气	7000~12000

由上表可见，油气的发热量远远高于木柴和各种煤类。正因为如此，近百年来，油气作为燃料被广泛地应用于工业、农业、交通运输以及国防各方面。一些工业比较发达的国家，石油和天然气在其能源消费结构中所占的比例都较高，且逐年上升，而煤则有相对下降之势。

油气也是一种十分重要的化学工业原料。目前，利用石油和天然气作原料制造的化工产品大约已有好几千种，广泛地应用于工业、农业、日常生活等国民经济的各个部门。例如，化学工业主要应用的乙烯、丙烯、丁烯、苯、甲苯、二甲苯和乙炔中，乙烯是制造合成纤维、合成橡胶和合成塑料等三大合成材料的基本化工原料。因而常可用乙烯产量来衡量一个国家石油化学工业发展的水平。另外，苯、甲苯和二甲苯也是三大合成材料以及医药、农药、炸药的主要原料。其中尤以苯用途最广；其次，二甲苯可用于制造对苯二甲酸，它和由邻二甲苯制造的苯酐，是生产涤纶的主要材料。合成橡胶不仅是交通运输、工业、农业、人民生活中的重要物资，而且也是现代尖端科学技术和国防工业发展不可缺少的重要材料。利用天然气和炼油尾气制取化学肥料，目前在化肥生产中已占有十分重要地位。因此，大力发展石油化学工业不仅意义重大，而且有十分广阔的前景。

第三节 我国石油和天然气工业发展简史

我国是世界上最早发现和利用石油及天然气，并对它进行工业生产的少数国家之一。从已有的文字记载和出土文物看，至少也有三千年左右的历史。但是，我国石油工业发展的历史走过了一个非常曲折的道路。1840年鸦片战争以前，我国长期处于奴隶社会和封建社会之中，尤其在封建主义统治之下，生产发展十分缓慢。但是，经过我国劳动人民的长期努力，在对石油和天然气的认识和生产利用方面，特别是在钻井和开采技术方面仍获得了很高的成就，走在世界各国的前面。鸦片战争以后，由于帝国主义的侵入，使我国沦为半封建半殖民地的国家。帝国主义的经济侵略和文化侵略，不仅扼杀了我国已经蓬勃兴起的天然气开采工业，而且还制造了“中国贫油”的谬论，长期束缚了人们的思想。在用油方面不得不沦为只有靠“洋油”过日子的地步。解放以后，在伟大领袖毛主席和中国共产党的领导下，我国的石油工业才获得了新生。在短短的三十年中，不仅甩掉了中国贫油的帽子，而且将我国的石油生产水平提高到了世界产油国的先进行列，把我国变成了世界瞩目的产油国。

一、我国古代对油气的发现、利用和开采

1. 我国最早的油气发现

我国有关油气的文字记载，据今所知，最早者为《易经·下经夬传》中的“泽中有火”。《易经》成书于西周（公元前1122年至公元前770年之间）。所谓“泽有有火”很可能是一种沼气或天然气在水中燃烧的现象。比较可靠的发现天然气的记载，是公元前256—251年秦孝文王派李冰为蜀守时在四川邛崃县发现的。李冰任蜀守时，曾兴修都江堰和开凿盐井。在开凿工程中发现了天然气，且引起了通天大火。在晋常璩的《华阳国志》中也有关于秦始皇时（公元前221—210年）用天然气煮盐的记载。该志称：“临邛县郡（即邛崃县）西南二百里本有邛民，秦始皇徙上郡实之。有布濮水从布濮来，合文井江。有火井，夜时光映上昭。民欲其火，先以家火投之。倾许如雷声。火焰出，通耀数十里。以竹筒盛之，可拽行，终日不灭也。井有二水（指黄、黑两种卤水），取井火煮之，一斛水得五斗盐，家火煮之，得无几也。”可见在两千多年以前，我国不仅发现了天然气，而且已经用天然气做燃料来煮盐了。并且还可以把天然气用竹管导出通到煮盐的地方。由于火井的利用，使四川的产盐县由秦初的三个发展到了秦末的八个，到了汉朝已增加到了十三

个。解放已后，在邛崃县花牌坊出土的汉代画像砖上，对火井煮盐曾有生动的描绘（图1-1）。



图 1-1 汉画像砖上的火井煮盐图
(据四川博物馆出土文物)

我国对石油的记载，最早见于班固著的《汉书·地理志》，该书在上郡高奴*条下记有：“有洧水可燃”。北魏郦道元著的《水经注·河水篇》引用《汉书·地理志》的话则为：“高奴县有洧水，肥可燃，水上有肥可接取用之”。又据下文对于酒泉油苗的描述：“酒泉延寿县南山出泉水……水有肥，如肉汁，……如凝膏，燃极明。……彼方人谓之石漆水。肥亦所在有之，非止高奴县洧水也。”可见，《汉书》上可能漏了一个“肥”字，应为“有洧水，肥可燃”。而所谓“肥”，即水上漂的石油，并可撇取来用。《汉书》是记载西汉政权（公元前206年——公元23年）兴衰的历史。虽然书中没有说明高奴油苗的记载是见于当时，还是古代已有，但可见我国最迟约在两千年左右以前已有石油的记载了。后来发现的酒泉油苗以及唐时发现的库车油苗（据李延寿：《北史》）也都有一千多年的历史。

“石油”一词是北宋沈括（1031——1095）提出的。1080年，他在任知延州富延路（即今富县、延安）经略安抚使时，见到当地人在河中捞取石油，并观察、研究了石油的产状和用途。后来在他写的《梦溪笔谈》一书中说：“富延境内有石油，旧说高奴县出脂水，即此也。”又说“石油……生于水际沙石，与泉水相杂偶偶而出。”他用油烟做墨，墨光如漆，比松墨还好。于是他说：“此物后必大行于世，……盖石油至多，生于地中无穷，不若松木有时而竭。”展示了石油利用的未来远景。

我国对于石油的应用，最早开始于治病、照明和膏车，后来将它用于战争进行火攻，制造火药和其它兵器。最早的记载见于《三国志》，著名的“赤壁之战”曾用“膏油”（当时将石油称“膏油”）灌入柴草，火烧战船。《元和郡县图志》记载了北周武帝宣政中（公

*高奴：秦制县名，即今延安、延长、延川一带，

元578年)酒泉人民用石油焚毁突厥族入侵的武器,保卫了城池。到了北宋时,已有加工石油的作坊—猛火油作,制作烟球毒药,猛火油柜等兵器。因其所需数量较大,那时可能已有油井生产了。但见于史书记载者为《元一统志》。该书在《延安路》条下记有:“在延安南迎河凿开石油一井,岁纳一百一十斤。又延川……永坪村,有一井,岁办四百斤,入路之延丰库。”可见在元朝,不仅有采油井,而且已建立了管理机构。到了十六世纪初,明正德末年,在四川的嘉州、眉州、青神、井研、洪雅、犍为等许多县,都有井中出油的记载,主要用于照明,称为“雄黄油”。

我国对于石油的发现和用虽然很早,但石油的工业生产不如天然气工业那么发达。直到1840年鸦片战争以后,帝国主义侵入我国,“洋油”充斥我国市场,我国的石油工业更无发展余地了。

2. 我国古代的钻井工艺

在我国古代的油气工业发展中,除上述在很早以前我国古代劳动人民就已发现了石油和天然气,并对它进行了利用外,还有两个方面曾取得了辉煌的成就,这就是钻井工艺和天然气开采。

钻井工艺的发展是衡量我国古代油气工业发展的一个重要标志。

公元前256—251年,李冰为蜀守时就已发明了顿钻,并在四川广都成功地钻了第一口采盐井。当时的顿钻结构十分简单,状如舂米的碓,并可能是从碓发展而来。如图1-2所示。到了公元前221—210年,便在四川邛崃出现了用顿钻钻的天然气井。至公元前

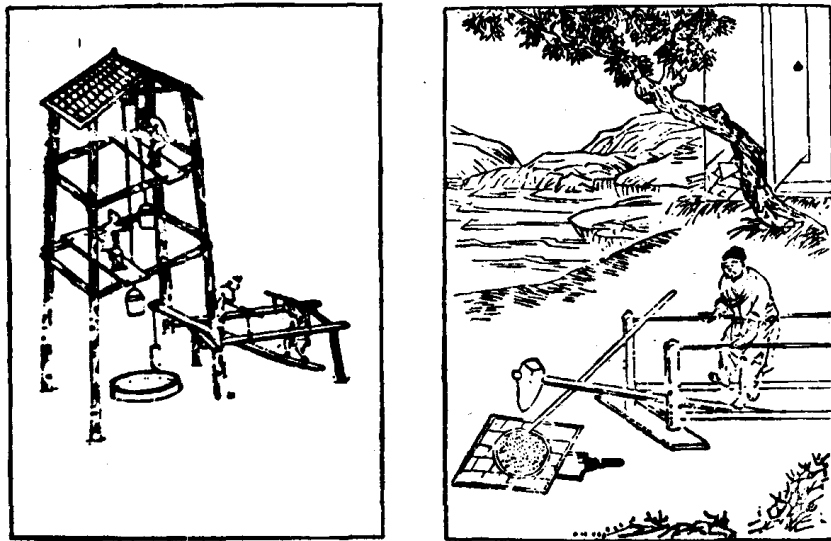


图 1-2 原始顿钻(左)示意图与碓(右)的比较

67年,仅临邛和蒲江两地就用顿钻凿井20口(晋·常璩:《华阳国志·蜀志》)。到了东汉(公元25—220年),顿钻的应用已经发展到了四川的广都、广汉、临邛、蒲江、成都、牛鞞、什邡、汉发、南充、江阳、胸臆、南安、郫、益州、武阳和临江等十六个县(据《华阳国志》、《太平寰宇记》、《汉书》、《博物志》、《天下郡国利病书》和《水经注》)。到了唐朝,四川有气井和盐井的县达到了64个。在顿钻结构中,出现用人力推的绞盘车来代替原先安在在井架顶上的辘轳,以更大效力来提捞泥砂,井钻成后也用它来提捞卤水。

秦汉时期，所钻凿的井，井口都比较大，一般纵广三、五尺到三十丈*左右；井深二、三丈到六十余丈。井钻成（达目的层）后，就用竹、木把井壁四周锁迭起来，防止井壁坍塌。到了宋朝，1040年以后，才改大井口为小井口，称为卓筒井（《丹渊集》卷34：“自庆历以来，始因土人凿地植竹，为之卓井筒”）。1129年，四川十个有钻凿井的州中就有十七个全部实现了卓筒井。井眼变小以后，无法再用桶捞岩屑，又发明了吞泥筒，后来又称扇泥筒，即今日的捞砂筒。为了封隔井中的淡水，又发明了竹、木制做的套管以封隔水层和防止井壁坍塌，取代了以竹、木锁迭的防塌法。到了1253年又开始用牛力代替人力带动绞盘，这在钻井史上又是一个重要的发展。

由于以上改革，到宋代时钻井机械已经发展成为由踩架（钻台）、井架和用畜力作动力的绞盘车组成的一项复杂的机械组合体，为钻更深的井创造了条件，如到1820年，在四川的犍为和高顺已钻三、四百丈，即1050—1400米深的井了。

到明代，我国的钻井技术已发展成为一套完整的工艺技术。曹学佺著《蜀中广记》一书中的《井法》，宋应星著《天工开物》一书中的《作咸》，都全面地、系统地总结了我国十一世纪四十年代到十七世纪三十年代在钻井设备和技术方面所取得的伟大成就。《天工开物》一书把钻井工艺科学地划分为开井口（图1-3）、下石圈、锉大口、制木竹、下木竹（图1-4）、锉小口等几道工序，分别相当于今天的第一次开钻，下导管，第二次开钻，下套管和第三次开钻（锉小口）等工序。说明现在的钻井程序我国在十七世纪三十年代以前已经达到了。



图 1-3 《天工开物》中的“开井口”
相当现在的第一次开钻。

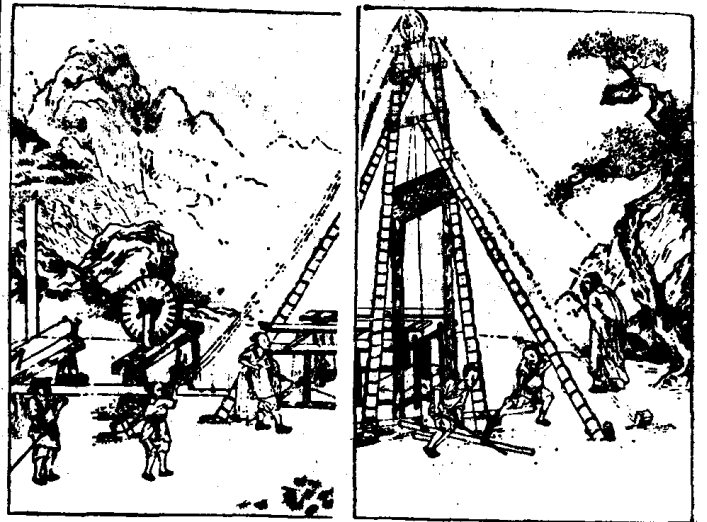


图 1-4 《天工开物》中的“下木竹”，
相当现在的下套管。

3. 我国古代的天然气开采

我国对气田的开发也是世界上最早的，并且达到了很高的工艺水平。最早开发的气田就是四川的自流井气田。

*井尺一丈等于3.5米。

据《自流井记》一书称：“阴火潜燃于炎汉”，说明远在汉朝在自流井已发现了天然气。据《富顺县志》记载，晋太康元年（公元280年）彝族人梅泽在江阳县（今富顺自流井）的荣水溪滨发现石缝中有泉水流出，“饮之而咸，遂凿石三百尺，咸泉涌出，煎之成盐。”由于梅泽的这口井自喷卤水，即称为自流井。从那时起，到公元十三世纪以前，自流井都以采盐为主。

到了十三世纪，即宋末元初时，自流井的浅层天然气已经大规模开采。《富顺县志》说：“火井在县西九十里，深四、五丈，径五、六寸，中无盐水……”。约成书于1600年的《益部谈资》中写道：“火井，邛州、蓬溪、富顺、咸有之”。到了1835年，在自流井钻的兴海井，井深已达1001.4米，钻穿了相当于今嘉陵江灰岩第五层的主气层，日产气约5000—8000立方米。1840年又钻成了井深为1200米的磨子井，达相当于今嘉陵江灰岩第三层的自流井气田深部主气层。当时发生强烈井喷，火光冲天，在三十里外都能看到。估计这口井日产气量在40万立方米以上，当时称它为“火井王”。《自流井记》曾记载说：“经二十余年犹旺也。”后来，在太平天国革命军的协助下才被扑灭。据统计，自流井气田从十三世纪到十九世纪中叶，共采出天然气约40亿立方米。图1-5是1933年尚存的自流井气田的一角——大坟堡地区的盐井。从图中尚可看出用竹木制做的井架林立成群。据记载，此种井架可高达100多米。

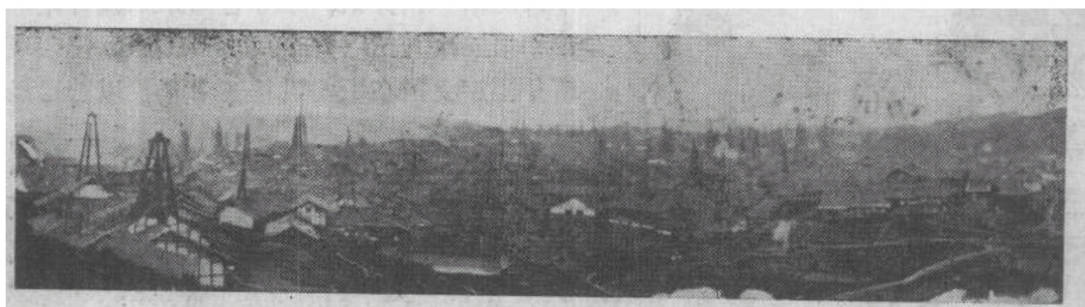


图1-5 四川自流井气田的一角——大坟堡地区的盐井
(据谭锡畴、李春昱, 1933)

二、我国近代的油气工业

1840年到全国解放以前的我国近代石油工业，是令人辛酸和愤慨的帝国主义侵华史的一个组成部份。鸦片战争打开了我国门户以后，各帝国主义国家首先是纷纷向我国推销“洋油”，如1867年美帝向我国出口“洋油”，1888年沙俄向我国出口“洋油”，甚至不产什么石油的日本也向中国出口“洋油”，实行经济侵略。继而是纷纷派出石油地质学家来我国勘察和钻探石油，实行直接掠夺。如1867年美国首先在我国台湾省钻探石油；1907—1911年日本在我国陕西延长钻探石油；接着美国的美孚石油公司也在1914—1919年派克拉普(F.G.Clapp)和富勒(M.L.Fuller) 等人在陕北进行大范围的地质测量和钻井；其它还有美、法、英等国地质人员对我国四川石油地质的调查等。他们经过短暂的工作，在我国没有找到油气田，这并无可非议。但是，他们之中某些人散布了许多中国贫油的言论，却起了很坏的作用。例如富勒和克拉普(1926)就断言：“中国东北部（指贺兰山以东，秦岭以北和阴山以南地区——编者）绝大部分地区从岩石类型及其时代看，没有含油可能性。”美国的布莱克维尔德(E.Blackwelder)在此之前，即1922年（当时他任斯坦福大学地质系教授兼系主任）也说：“中国缺乏石油可归因于三个地质条件：第一，中、

新生界没有海相沉积物；第二，古生代大部分地层是不能生成石油的；第三，除西部和西北部某些地区外，几乎所有地质时代的岩石都已遭受强烈的褶皱、断裂并受到火成岩不同程度的侵入。”甚至于他还断言：“中国东部大平原认为是一近期沉陷区，上有厚层的黄河和长江三角洲沉积覆盖。要在这个沉积区找到石油，那是偶然的。”美国德士古石油公司的一个经理罗杰斯（Rogers, 1941）更说：“亚洲腹地，包括……中国大部分……几无石油蕴藏可能。”他们这些中国贫油的论调，在今天的事实面前已不值一驳，但是，在当时却实实在在地蒙骗了一些受他们愚弄的人。直到解放以后，“中国贫油论”这个阴魂还继续危害着我们中的一些人。

但是，即使在“中国贫油论”甚嚣尘上的时候，我国还是有一些地质学家，在国民党反动派统治下极端困难的环境中，做出了许多有益的贡献，例如，1933年王竹泉和潘钟祥、谭钰畴和李春昱分别对陕北和四川石油地质的调查；1936年潘钟祥对四川石油地质的调查；1938年孙健初对酒泉、玉门一带石油地质的调查及1939年老君庙油田的发现；1939—1942年黄汲清等对威远背斜的地质测量和1942—1943年黄汲清等人对新疆石油地质的调查等。1941年，潘钟祥还发表了与外国人陆相沉积不能生油说相对立的我国陕北和四川石油陆相成因问题的研究论文；黄汲清在1947年出版的《新疆油田地质调查报告》中也力主陆相侏罗纪地层是新疆的重要生油层之一，灰绿色的钙质页岩和薄层灰岩也可为生油层。这都是很可贵的。然而，从鸦片战争到全国解放的一百零九年间，由于满清帝国和国民党反动派的腐朽统治，帝国主义的政治压迫、经济和文化侵略，使得我国的石油工业未能得到应有的发展，而且从前已经蓬勃发展起来的天然气工业也衰落下去了，以致远远落到了世界各国，特别是工业发达的资本主义国家后边了。

三、中华人民共和国成立以后我国油气工业的蓬勃发展

1949年中华人民共和国成立以后，在毛主席和中国共产党的领导下，我国的石油工业又获得了新生。

我国大陆解放时，从国民党反动派手中接收下来的油田仅有老君庙和独山子两处，气田也只有刚钻探见气的隆昌和石油沟两处以及从宋元时期遗留下来的早已开发的老气田自流井一处。在油气产量方面，天然气尚无完整的统计，石油从1904年开始有记录，至1949年全国解放前的46年中，共产油308万吨，产量最高的1943年年产量仅32万吨（表1-2）。

在钻井进尺方面，从1907年日本人在我国陕西延长钻的第一口井起，到1948年四十一年间，总计也只有67025米。国民党反动派遗留下的破烂钻机也只有八台。由此可见，我国大陆解放以后的石油工业几乎是在平地上发展起来的。

中华人民共和国成立以后，我国政府很快成立了石油勘查的领导机构。在人力、设备和技术都比较困难和落后的情况下，积极开展起来了全国石油普查工作，同时在若干地质条件较好的地区展开了重点勘探。

解放以后的我国石油工业发展史，可以以1959年9月松辽盆地松基三井喷油为转机分为两大阶段。第一阶段以在全国范围展开普查找油为中心，重点放在我国西部地区的陕甘宁、四川、酒泉、柴达木、准噶尔、吐鲁番、塔里木以及民和、潮水等大小几十个盆地内。当时，把普查找油工作重心放在我国西部的主要原因，是西部许多盆地中大都具有油气苗或其它油气显示发现；有的已有少数油田或气田；地层露头较好；构造比较明显；过去或多或少已有一定的地质工作基础等。经过地质测量和钻探，在准噶尔盆地于1955年即发现了

表 1-2

我国解放前1904—1949年原油产量表

年份	产 量 (吨)	年份	产 量 (吨)	年份	产 量 (吨)
1904	122	1920	1132	1936	129183
1905	464	1921	1000	1937	145375
1906	584	1922	1684	1938	147507
1907	547	1923	2074	1939	170015
1908	1127	1924	3048	1940	172311
1909	918	1925	3526	1941	243082
1910	561	1926	12255	1942	308064
1911	283	1927	19295	1943	320970
1912	472	1928	15800	1944	300346
1913	2501	1929	11527	1945	175657
1914	2247	1930	65229	1946	101010
1915	2569	1931	68803	1947	65902
1916	2847	1932	76517	1948	89035
1917	1912	1933	95613	1949	121000
1918	1228	1934	62300		
1919	1199	1935	125895		

大型油田克拉玛依；在柴达木盆地于1956年发现了冷湖油田，此后，又发现了油砂山、马海等一系列油田和气田；在酒泉盆地于1956—58年先后发现了鸭儿峡等油田；在四川盆地于1958年前后发现了南充等十几个油田和阳高寺等十几个气田；在陕甘宁盆地发现了永坪等油田。此外，在吐鲁番、库车、民和等盆地也都发现了一些油气田。上述油气田的发现，使我国石油工业的面貌发生了很大变化，但是还没有从根本上扭转我国用油还要依靠进口的被动局面。

1959年9月，松辽盆地松基三井喷油，1960年探清大庆长垣，1964年大庆油田投入开发，使我国的普查找油工作转入第二阶段以后，上述被动局面才基本上扭转过来了。

第二阶段在继续普查找油的基础上逐步转入了重点勘探；同时，将找油和勘探的重心从西北转向了东部大平原。必须指出，这次战略大转移是在我国卓越的地质学家李四光同志建议下进行的。虽然在此之前，早已开始了在华北和松辽盆地的普查找油工作。在这一阶段，继在松辽盆地发现大庆油田之后，1961年在华北盆地发现了胜利油田，1963年又发现了大港油田，1975年又发现了任丘油田。同时，在其它一些地方还发现了一些重要油田。我们硬是在被某些外国地质学家判了死刑的地区找到了许多大油田。从此，中国人民靠“洋油”过日子的时代一去不复返了。

文化大革命中，伟大领袖毛主席发出了“三线找油要抓紧”的指示以后，最近几年在我国内地的陕甘宁盆地、四川盆地、柴达木盆地和塔里木盆地都又有重要油气田发现。与此同时，我们还逐步开展了海上找油，并且已在渤海和其它中国海域发现了海上油气田。

总之，在解放以后近三十年的短暂时日里，经过前后两个阶段的普查找油和重点勘探，我们已在全国各地找到了相当一批油气田，其中百分之六十以上已投入开发。我国的油气产量持续稳步上升。图1-6表示了以解放后经济恢复时期最后一年，即1952年的油气产量为100时，历年油气产量的增长情况。

除此之外，我们还建设起来了一支石油地质理论队伍。特别是在生油理论研究方面，

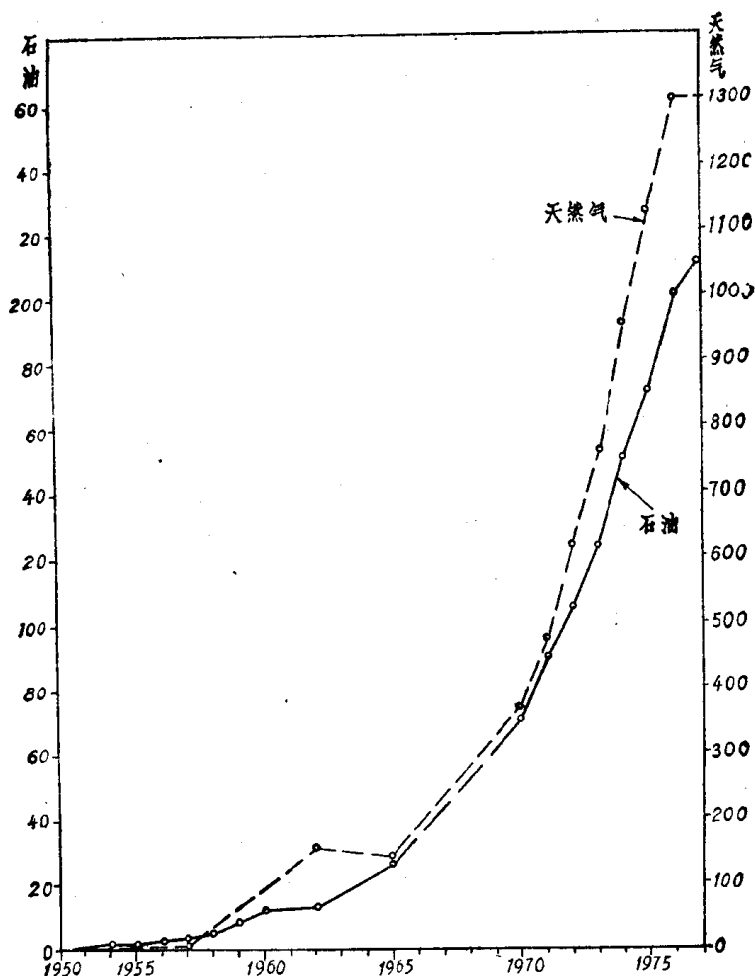


图1-6 经济恢复时期之后，我国历年油气产量增长曲线

我们冲破了国外唯海相生油论的偏见，在我国陆相盆地找到了象大庆那样的许多大油田，开创了我国陆相盆地可以大量生油和形成大型油气田的新理论，出版了一批具有一定理论水平的新著作。

除陆相生油的研究之外，最近几年，在储集层研究方面，还逐步发展和完善了以陆相三角洲储油为主的理论，指出古河道和三角洲砂岩储集层是形成高产油气田的有利地区。同时在研究石灰岩、白云岩、变质岩和火成岩等多种类型储集层方面也都取得了进步。在油气藏形成和分布规律的研究方面，在总结了陆相盆地“自生自储”的成油规律之后，又发展了“古生新储”和“新生古储”的成油机理。总结出了定盆、定凹、定带、定区、定块的五定勘探程序，以及加强以地震、钻井为主体的区域性综合勘探方法和贯彻“集中优势兵力打歼灭战”原则，组织石油大会战的经验。从而大大充实和发展了现代石油地质理论，初步掌握了我国油气资源的赋存条件和分布规律。为实现以华国锋同志为首的党中央发出的号召，在1985年以前再创建十来个大庆奠定了坚实基础。

第四节 世界石油工业发展简况

世界石油工业的发展只有一百多年历史。由于资源条件和工业发展水平的差异，各国

的石油工业发展历史和发展水平各有不同。美国 and 沙皇俄国资本主义工业发展较早，油气资源条件也较好，所以不仅石油的工业生产开始较早，而且石油产量至今在世界上还占相当重要地位。西欧各国以及日本资本主义工业发展也较早，但油气资源条件较差，虽然最近几年发现了北海油田并逐步投入开发，但其产量在世界上还不占什么重要地位。中东和非洲有关国家油气资源条件很好，但工业水平较低，以致石油工业在晚近年代外国石油公司侵袭以后才逐步发展起来。因此，世界上的油气生产很不均衡。

在世界石油生产史中，美国石油年产量居世界各国之首的地位几乎同石油生产历史一样地持续了一百多年。直到1975年苏联超过了它，才降为世界第二位。

美国的石油生产始于1859年。其后的一百年间生产了该时期世界石油总产量的近二分之一。在1946年以前的八十多年间，美国石油年产量占世界总产量的百分数常不下百分之六十，有时竟达百分之七十以上。但从二次世界大战以后起，其所占世界总产量的百分比即年年下降，从1971年起再未超过世界总产量的百分之二十。

苏联在十月革命以前于1873年在巴库开始石油的工业生产，其年产量仅次于美国而居世界第二位，个别年份也还超过美国，曾居世界第一。二次世界大战期间因为许多油田被毁，产量大幅度下降。但在战后由于相继发现了伏尔加——乌拉尔和西西伯利亚等新含油气区，产量又迅速恢复。从1960年起又重新上升到世界第二位，1975年超过美国后，又居世界第一。

本世纪二十年代，世界上的第三个重要产油国为墨西哥，但不久即被委内瑞拉所超过。委内瑞拉在三十年代成了世界上最大的一个石油输出国，在第一次世界大战和十月革命以后，苏联的石油产量尚未恢复过来以前，其年产量仅次于美国而居世界第二位。1971年又被沙特阿拉伯和伊朗所超过，委内瑞拉的石油年产量便降为世界第五位。

中东的伊朗远在1908年，伊拉克在1927年和沙特阿拉伯在1938年都曾发现过石油。但直到二次世界大战以后由于帝国主义的侵入，才在外国资本家手中发展起来了石油的工业

表 1-3 1973—77年世界主要产油国家（未包括中国）位次表（单位：万吨）

国 别	1973		1974		1975		1976		1977	
	产 量	位 次	产 量	位 次	产 量	位 次	产 量	位 次	产 量	位 次
苏 联	42940	2	45895	2	49100	1	51970	1	54600	1
美 国	51582	1	49375	1	47109	2	46258	2	46283	2
沙特阿拉伯	37750	3	42140	3	35220	3	43975	3	45631	3
伊 朗	29284	4	30085	4	26761	4	29375	4	28250	4
委内瑞拉	17577	5	15580	5	12274	5	11750	5	11400	5
伊 拉 克	9937	9	9694	8	10997	6	10350	6	10750	6
尼日利亚	10177	8	11158	7	8833	8	10100	8	10750	7
利 比 亚	10488	7	7336	11	7282	11	9500	10	10250	8
阿拉伯联合酋长国	7414	11	8107	10	8194	9	9725	9	10150	9
科 威 特	15180	6	12810	6	10512	7	10225	7	9387	10
印度尼西亚	6622	12	6798	12	6412	12	7500	11	8450	11
加 拿 大	9635	10	9072	9	8016	10	7500	12	7300	12
阿尔及利亚	4963	13	4866	13	4505	13	4750	13	4950	13
墨 西 哥	2326	14	2950	14	3647	14	4250	14	4950	14
占世界总产量%	88.5		88.2		87.6		87.7		88.8	

生产。目前，中东的产油国除以上三者外，还有土耳其、叙利亚、科威特、巴林、卡塔尔、阿曼和阿拉伯联合酋长国。中东的石油年产量约占世界总产量的三分之一。其中沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、科威特和阿拉伯联合酋长国近许多年的石油产量都居世界产油国的前十名之列（表1-3）。

非洲的产油国最老者为埃及（1908年）。但非洲的石油勘探是1956年在阿尔及利亚的撒哈拉大沙漠中发现了大油田哈西麦萨乌德和大气田哈西尔麦尔以后才打开局面的。目前，非洲的产油国除埃及和阿尔及利亚外，还有尼日利亚、利比亚、加蓬、扎伊尔、安哥拉、刚果、摩洛哥和突尼斯。非洲的石油年产量约占世界总产量的百分之十左右。

除此之外，在石油工业发展初期就已开始生产石油而至今仍有一定生产能力者，在欧洲有罗马尼亚（1860）和西德（1870）；在亚洲有印度尼西亚（1890）和马来西亚（1910）；在拉丁美洲有阿根廷（1910）、秘鲁（1900）和特立尼达（1910）；在北美

表 1-4 1890—1977年世界各大洲石油产量增长表（不包括中国）单位：万吨

地区 年份	东亚	中东	非洲	澳洲	拉 美 西 印 度	西欧	东欧	北美	总计
1890	2.8					1.4	365.7	665.7	1030
1900	85.7					4.3	998.5	921.4	2014
1910	287.1				20.0	15.7	1263.0	3050.0	4635
1920	415.7	174.3	14.3		101.4	8.5	640.0	8574.3	9929
1930	812.8	668.5	28.5		2707.1	25.7	2430	13416	20119
1940	1170	1467.1	92.8		3840	155.7	3845.7	20083	30654
1950	1225.8	9115.7	238.5		9201.4	280.0	4385.7	29644	54159
1960	3961.4	27476	1505.7		18093	1411.4	16995.7	40909	110351
1970	8418.5	73630	31549	931.4	24713	1638.5	38825.7	58744	238450
1975	10160	101210	25330	2163	18783	2459	53938	54283	268371
1976	10385	109400	27988	2200	17729	4150	54302	58008	284162
1977	11664	109194	30872	2225	17896	6570	56975	58533	293929

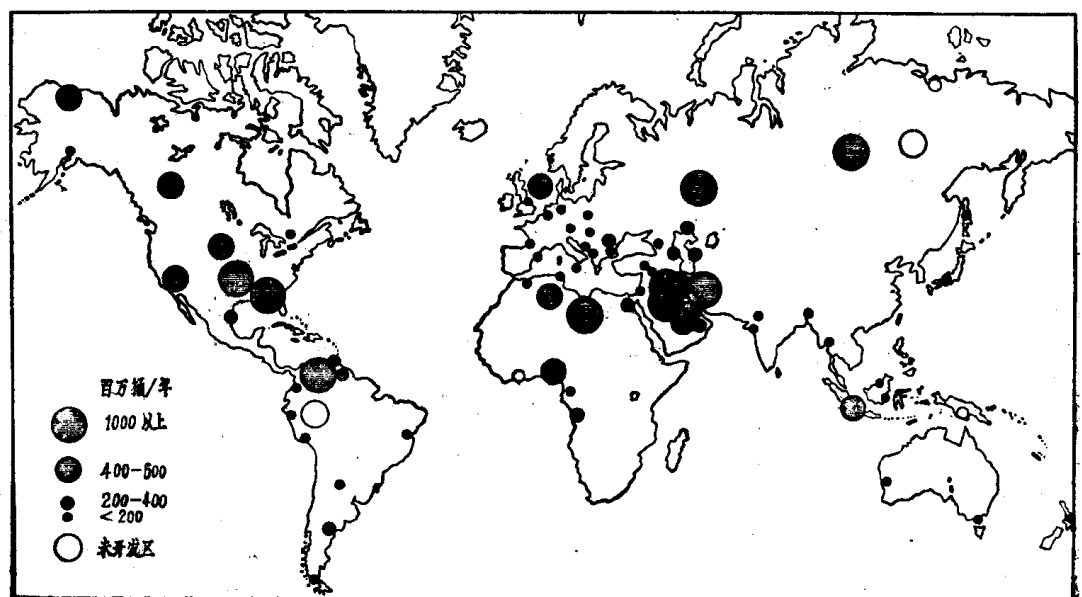


图 1-7 世界油气产量地理分布示意图

（据 E.N.Tiratsoo, 1973年修改）

有加拿大（1861），在大洋洲有澳大利亚（1892）。

从表 1-4 中可见，世界石油总产量在本世纪初，1900年时仅有 2014 万吨。那时世界上只有十一个国家产油。第一次世界大战以后的1920年，增加到了4635万吨。第二次世界大战以后的1946年，增加到39300万吨。三十年后的1976年达到了284162万吨，约为1946年的 7 倍，1900年的141倍。1977年达到了293929万吨，接近了三十亿吨。本世纪过去几十年中，世界石油产量的年增长率大约为 7—8%，每十年即可增加一倍。但1973年以来，因为第三世界产油国在反帝反霸斗争中不断提高石油价格，资本主义各国不断发生经济危机，美日和西欧等主要石油消费国控制和削减了石油用量，所以产量有所下降，年增长率下降到了 2—3%。图 1-7 为目前世界石油产量的地理分布略图。

第五节 石油地质勘探展望

人类对于石油和天然气的认识和开发利用，经历了一个相当长的历史时期。只是到了资本主义社会发展阶段，随着工业的兴起和发展，石油工业才得到了长足进展。近一百多年来，人们先后在大陆和大陆边缘的近海地区大约7000多万平方公里有沉积岩分布的地方开展了寻找油气的工作。截至目前，在世界各地大约已经找到了三万个左右有一定生产能力的油田和若干气田，从中采取了500亿吨左右石油。另外，目前尚有探明石油储量800—900亿吨*，探明天然气储量64万亿立方米。根据当前地质勘探程度和科技水平，预测世界上的油气最终可采储量最低者2769亿吨，最高者可达8900亿吨**。

展望未来，当前世界各国石油勘探的总趋向可以归纳为以下几个方面：努力寻找新探区和扩大老探区；发展深井钻探，积极开展海底找油；总结研究主要油气聚集，即大型油气田的形成条件和努力寻找隐伏圈闭中的油气聚集等。

在寻找新探区方面，五十年代以来的最主要发现有：西西伯利亚盆地（1954），北非盆地和几内亚湾盆地（1955—1956），北海盆地（1959），吉普斯兰盆地（1964），普鲁德霍湾大油气田（1968）以及北极坡盆地和五十年代以来在中东地区陆上和海域发现的许多油气田。现在，还继续在这方面作着努力。

深井钻探是掘取地下深处油气资源和在老油田下边发现新油气层，增加后备储量的一个重要手段。目前，世界上已有十几个国家可钻六千米以上的超深井。美国在1974年钻的一口深9583.2米的井是目前世界上最深的。世界上最深的油井，目前井深已达6542.5米（南路易斯安那华盛顿油田），气井目前井深已达7482.2米（俄克拉何马）。由于世界上现有的油气田生产深度大都在2000米左右，所以开发深处油气藏的前景还是很大的。

海底找油，现在几乎在所有的大洋和小洋盆的浅海地带进行着，如在北海海域找到的几十个以至近百个油气田；在南美巴西海岸找到的两条巨大油气聚集带；在西非几内亚湾

* 据统计，截止1975和1976年底的当年世界石油探明储量分别为896和815亿吨。据J.D.穆迪（Moody），1975年在第九届世界石油会议上的报告，全世界的石油探明储量为1072亿吨。

** 关于世界油气最终可采储量，据L.G.威克斯（Weeks）和穆迪于1971和1975年分别在第八届和第九届世界石油会议上的估计为8200和2769亿吨。威克斯当时对海底（水深300米以内的大陆架区）石油储量的估计为2500亿吨。1974年他向联合国海洋经济技术处提供的报告中，对大陆边缘油气最终可采储量的估计则增为3246亿吨。如加上他1971年估计的陆地储量5700亿吨，则全世界油气最终可采储量即达8900余亿吨，接近9000亿吨。

在计算中，天然气按1200立方米等于1吨石油折算。

海域以及波斯湾海域找到的海底油气田等。特别值得注意的是最近十年在东南亚海域的许多重要发现,如在加里曼丹岛以东的望加锡海峡、在加里曼丹岛西北和南海大陆架上、在北爪哇海域和在暹罗湾等地1969年以来发现了二、三十个海上油气田。预示着属于我国主权范围以内的南海以及东海、黄海海域也将有很大的含油气远景。

最近几年,对于石油储量在五亿桶(合7100万吨),天然气储量在三万五千万立方英尺(合1000亿立方米)以上的大型油、气田形成地质条件的研究引起了人们极大注意。这是因为世界上已知油气田最终可采储量的百分之七十五系储存在总数不到世界油气田总数百分之一的大型油气田之中的缘故。据统计,截止1976年,世界上已发现这样的油气田334个,其中油田222个,气田112个。由于大型油气田在有限的范围内可集中较大的储量,不仅发现一个可顶几个或几十个中、小型油气田,而且开采起来也投资少,受益大,经济效率高。所以它的形成条件便十分引人注目。

除此之外,最近几年国外也很注意研究和寻找隐伏圈闭中的油气聚集。因为隐伏圈闭在地表无显示,用现有地球物理方法也不易寻找,所以很有可能尚有许多这样的圈闭未被发现。为此,最近几年大力开展起来了关于沉积学以及地下地层学或地震地层学的研究,以期以这方面的基本原理为基础,通过钻井、电测、地震等各种途径来寻找可能的隐伏圈闭。此外,还注意发展和运用了其它新技术和新方法,如遥感探测等。

我国对于油气的认识和利用虽然已有两三千年的历史,但是在石油地质学的理论指导下,运用现代科学技术,大规模有组织有计划地进行地质勘探还是解放以后的事。解放以后的三十年来,石油战线的广大职工们,在党中央和毛主席的领导下,虽然已经做出了相当大的贡献,发现了许多油气田,促使我国的石油产量大幅度的增长,但是这些产量与我们这样一个社会主义大国还是很不相称的。特别是按人口平均计算,苏美等一些油气工业比较发达的国家,每人均在两吨以上,而我国现在仅有100公斤左右。油气在我国能源消耗结构中所占比例也是很低的,1960年其比例仅分别占4.02%和0.45%,1975年也不过是20.7%和2.5%,二者总和还占不到四分之一。煤炭消费量于1960年占94%,1975年才下降到72.2%,而在全世界能源消费结构中,1970年以来,石油一直占45%以上,加上天然气,二者共占67%左右,煤炭只占30%左右。这种情况充分说明我国对高效能源石油和天然气的生产和利用同国外的现代水平相比还有很大差距。我国石油勘探程度也还是很低的,我国不少地区的石油勘探工作还没有开展或仅仅是开始。

我国有着极为广阔的石油勘探前景。按目前在我国大陆上发现的大小300多个沉积盆地统计,可供石油勘探的总面积大约可占我国领土的44%以上。另外,我国还拥有黄海、东海和南海辽阔的浅海海域,根据大地构造和石油地质条件预测也都是十分富含油气的远景区。我国不仅有众多的陆上和海洋含油气盆地,而且还有陆相和海相不同沉积类型的含油气盆地。解放以后,我们已在中、新生代陆相盆地中找到了许多油气田,其中有相当一部分是属于大型的,并相应发展了我国独具一格的陆相生油理论;而且还有广大的海相盆地尚等待我们去进一步勘探和开发。

总之,我国具有十分充足的油气资源条件。华国锋同志代表党中央在第五届全国人民代表大会上已经向我们发出了庄严号召,“特别要使电力、燃料、原材料工业和交通运输以更快的速度发展”。并强调指出:要在1985年以前为再创建十来个大庆而努力。这是落在我们石油地质工作者身上的光荣历史使命。让我们为实现祖国的四个现代化,把我国建

设成为一个富强昌盛的社会主义国家而努力奋斗吧!

结 论

1. 本书的内容范围仅包括石油和天然气从生成到聚集为矿藏的地质学原理部分。具体包括石油成因、储集岩、盖层、油气运移、油气圈闭、油气藏的形成和保存以及油气在地壳中的分布规律等基本内容。

2. 石油和天然气是一种十分重要的燃料，同时也是一种十分重要的化学工业原料。在世界能源消费结构中，七十年代以来石油占45%以上，天然气占20%以上；而我国以1975年为例，石油仅占20.7%，天然气占2.5%。表明我国对高效能源的生产和利用还落在世界先进国家的后边。

3. 我国是世界上最早发现和利用石油和天然气，并对它进行工业生产的少数国家之一，至少也有三千年左右的历史。在鸦片战争以前的两千多年中，我国古代劳动人民在对油气的认识、研究和利用方面，在钻井工艺方面和在天然气开采方面，都有过相当辉煌的成就，走在世界各国的前面。鸦片战争以后，由于帝国主义的侵略，我国石油工业的发展遭到了破坏，从而落到了世界各先进国家的后面。与此同时，外国石油地质学家在我国散布了“中国贫油论”，对我国石油地质工作者也起了很坏的影响。

4. 中华人民共和国成立以后，我国石油工业才得到了非常迅速的发展。大致以1959年松辽盆地松基三井喷油为转机，可将我国的石油勘探分为两个阶段：第一阶段以在全国范围展开普查找油为中心；第二阶段则在继续普查找油的基础上逐步转入了重点勘探。经过三十年的努力，已在全国各地找到了相当一批油气田，油气产量稳步上升，不仅自给有余，而且开始出口，从而结束了依靠“洋油”过日子的历史。特别值得提出的是在生油理论研究方面，我国冲破了国外唯海相生油论的偏见，开创了陆相盆地同样也可生成大量石油和形成大型油气田的新理论。

5. 世界石油工业的发展只有一百多年历史。由于受资源条件和工业发展水平的限制，各国发展很不平衡。美国和沙皇俄国资本主义工业发展较早，油气资源条件也较好，石油工业长期处于领先地位。西欧各国和日本资本主义工业发展也较早，但油气资源条件较差，所以本国石油工业比较落后，依靠掠夺殖民地或进口石油过日子。中东和非洲等一些国家油气资源条件较好，而工业水平较低，以致石油工业在晚近年代外国石油公司侵进以后才逐步发展了起来。

6. 一百多年来，在世界各地大约已找到了30000多个有一定生产能力的油田和一些气田，生产了500亿吨左右石油。目前，世界上大约拥有探明的石油储量800—900亿吨，预测的油气最终可采储量最低者2769亿吨，最高者可达8900亿吨。

7. 未来世界石油勘探的总趋向是：寻找新探区和扩大老探区；发展深井钻探；开展海底找油；总结和研究主要油气聚集，即大型油气田的形成条件；寻找隐伏圈闭以及发展和运用新技术和新方法，如遥感探测。

第二章 油、气、水的化学组成和物理性质

内 容 提 要

石油和天然气是一种天然的可燃有用矿产。不同结构的烃类以不同的比例混合在一起,成为油、气的主要组成。因而,不同地区的油和气,化学、物理性质有很大的差别。加之,油、气在地壳内部还受周围理、化条件的影响和作用,不断对其组份进行改造,这就更增加了石油和天然气理化性质的复杂性。

石油和天然气的理化性质是进行工业评价的重要参数;是研究油、气生成、运移等一系列理论问题的重要依据;也是探索油、气在地壳内部进行演化的不可缺少的重要工具。

研究与油气共生的油田水的理化性质,将有助于加深对油、气性质的了解,并为人们制定勘探方案时提供必要的资料。

石油和天然气的化学组成和物理性质,是评价油、气质量的主要指标;是了解它们成因、运移和演化的重要资料,也是拟定其开采加工工艺的可靠依据。

第一节 石油的化学组成和物理性质

一、石油的化学组成

石油是一种成份十分复杂的天然有机化合物的混合物,其中的主要成份是液态烃。它们的组成和性质,因受多种因素,如原始物质、生成条件和后期演化等的影响,变化很大。

由于石油组成本身的复杂性和多样性,同时受分离鉴定技术的限制,目前我们对于石油的组成(特别是高沸点馏份),了解还很不够。

1. 石油的元素组成

石油主要由碳、氢以及少量的氧、硫和氮等元素组成。不同地区、不同时代的石油,化学组成和物理性质可有千差万别,但其元素组成却变化不大。根据分析,世界上大多数石油的元素组成为: C—80~88%; H—10~14%; O+S+N—0.3~7%。我国东部各含油盆地所产的原油,也大多在这个范围,其具体数值为: C—83~86%; H—12~14%; O+S+N—一般低于2~3%,只有个别情况下含硫量较高,可达7%。

石油中的各元素与自然界其他元素一样,有着它们各自的同位素。同位素,简单地讲,指的是原子序相同而中子数不同的那些原子。它们在周期表中占据相同的位置,如碳元素由 C^{12} 、 C^{13} 和 C^{14} 三种同位素组成,其中, C^{12} 和 C^{13} 是稳定的, C^{14} 是放射性的,半衰期为5568年。在石油地质研究中,只研究 C^{12} 和 C^{13} 的相对丰度,可用 C^{12}/C^{13} 比值或 δC^{13} 表

示。 δC^{13} 依下式计算:

$$\delta C^{13} = \frac{C^{13}/C^{12}_{\text{样品}} - C^{13}/C^{12}_{\text{标准}}}{C^{13}/C^{12}_{\text{标准}}} \times 1000\%$$

不同研究者,有时用不同的标准,这不便于所获资料的对比。现在国际上趋于使用统一的标准,这就是美洲白垩系地层所产箭石的碳同位素,一般简称PDB*标准。

用类似的方法,亦可计算其它元素的同位素比值。

根据目前资料,石油中的 C^{12}/C^{13} 比值,较其他无机含碳物质为高,介于90~95之间,且多为91~94。此特性与生物体的情况相似。人们一般认为,石油的这一特点,是直接从生物体继承来的。因此,一般把石油的碳同位素组成与生物体相似,看作是石油有机成因的重要证据。目前,碳同位素测定成果已用于石油成因、原油分类、生油岩鉴别以及油气运移等方面的研究。

氢有三种同位素,即 H^1 、 H^2 和 H^3 , H^3 是放射性的,半衰期仅12.46年。地壳中存在的主要是 H^1 和 H^2 。石油中亦是如此。所不同的是石油中 H^2 的含量比普通水高。由于积累的资料太少,造成上述现象的原因尚不清楚。在石油地质研究中,尚未开展氢同位素研究。

硫的同位素有 S^{32} 、 S^{33} 、 S^{34} 、 S^{35} 、 S^{36} 、 S^{37} 、 S^{38} 等七种,其中 S^{35} 、 S^{37} 、 S^{38} 是放射性的,半衰期最短的 S^{35} 仅87.1天。 S^{33} 和 S^{36} 数量甚少。现一般只测定 S^{32} 与 S^{34} 。据研究,不同时代的石油, S^{32}/S^{34} 比值变化较大,而同时代的石油,该比值较为接近。这给不同时代石油的对比,提供了一个研究方向。

地壳中有三种氧同位素,即 O^{16} 、 O^{17} 、 O^{18} 。 O^{17} 的含量甚微。目前,仅知石油中含 O^{16} 和 O^{17} 两种同位素,其它特征不详。除有些研究者探索用氧同位素测定沉积古水温外,石油地质研究中,尚未开展这方面的研究。

天然氮有两种同位素,即 N^{14} 与 N^{15} 。石油中的 N^{14}/N^{15} 比值与植物接近,但同一油气聚集中,该比值变化却比较大,故目前尚未用来解决石油地质问题。

以上简述了石油的元素组成及其同位素。必须指出,对石油同位素的研究还很不够。但是对同位素的进一步研究,无疑将会提供更多解决石油成因及其演化问题的可靠资料。

除上述五种主要元素外,石油中还含微量的其他元素。这些元素构成了所谓石油的灰份,即石油燃烧后的残渣。这些元素的总量仅占石油重量的万分之几,但种类繁多。目前已知有33种。它们是:铁(Fe)、钙(Ca)、镁(Mg)、硅(Si)、铝(Al)、钒(V)、镍(Ni)、铜(Cu)、锑(Sb)、锰(Mn)、锶(Sr)、钡(Ba)、硼(B)、钴(Co)、锌(Zn)、钼(Mo)、铅(Pb)、锡(Sn)、钠(Na)、钾(K)、磷(P)、锂(Li)、氯(Cl)、铋(Bi)、铍(Be)、锗(Ge)、银(Ag)、砷(As)、镓(Ga)、金(Au)、钛(Ti)、铬(Cr)和镉(Cd)。从我国玉门石油中已鉴定出有22种微量元素。

在这些灰份元素中,以钒和镍的含量最高,如表2-1。

石油中钒、镍元素及其比值(V/Ni),同原始生油物质及石油的运移等因素有关。所以,不同地区的石油,其量相差十分悬殊。

石油灰份元素系列,与自然界有机物质所含的元素十分相似。

* 美国南卡罗来纳州白垩纪Pee Dee formation所产 *Belemnitella americana* 的缩写。

表 2-1 某些中、新生代原油的V、Ni含量

国 别	时 代	V(mg/100g)	Ni(mg/100g)	V/Ni
中 国	中生代	0.04	0.57	0.07
美 国	中生代	0.12	0.17	0.70
		4.00	1.10	2.50
加 拿 大	中生代	6.20	2.50	2.00
科 威 特	中生代	2.25	0.60	3.80
苏 联	中生代			1.00
中 国	新生代	0.008	0.685	0.0116
苏 联	新生代			0.64

2. 石油的化合物组成

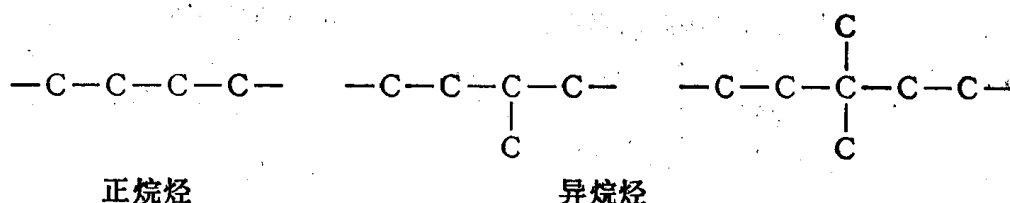
石油中的主要元素，不是呈游离状态，而是结合成不同的化合物存在的，其中以碳氢化合物（亦叫烃）为主，另外还有含氧、含氮和含硫等的非烃化合物。

(1) 石油中的烃类化合物

目前在石油中已鉴定出的烃类化合物有230种以上，它们分属于烷烃、环烷烃和芳香烃。

①烷烃：指通式为 C_nH_{2n+2} 的饱和烃。室温下，1~4个碳原子的烷烃为气态，它们是天然气中的主要组成成分；5~15个碳原子者为液态；含16个以上碳原子者为固态。烷烃的沸点、熔点、比重、折光率等物理常数均随分子量的增大而升高。一切烷烃的比重都小于1。通常情况下皆难溶于水。

烷烃分子的结构特点，是碳原子以单键相连呈链式。同时，按其是否有支链存在，又可进一步分为正构烷烃与异构烷烃两类。无支链的，为正构烷烃，简称正烷烃；有支链的，为异构烷烃，也可叫异烷烃。如：



根据现有资料，在大多数石油中，正烷烃多于异烷烃。并且，多数石油不同碳原子数正烷烃相对含量的分布曲线（简称正烷烃分布曲线）有三个共同特点（图2-1）：第一，正烷烃分布曲线是一条连续的曲线，表明石油中的正烷烃同系物是一个连续的序列；第二，在正烷烃系列的 C_{18} 以内，有一个极大值，表明石油中低分子正烷烃多于高分子正烷烃；第三，在较高分子的正烷烃部分，奇数和偶数碳原子烃的分布很规律，二者的相对含量接近相等，不象一般生物体或现代沉积那样，奇数碳原子正烷烃明显多于偶数碳原子正烷烃。图2-1清楚地表明了原油正烷烃曲线的这些特征及其与现代沉积中有机质的不同。当前，这些特征已被广泛用于鉴别生油岩和研究原油的成熟程度（详见第三章）。

在石油烷烃馏份中，除正构烷烃外，尚有大量异构烷烃，其中最有意义的是一种特殊