

重质油国家重点实验室 资助

石油基碳质材料的 制备及其应用

吴明铂 邱介山 郑经堂 张玉贞 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油基碳质材料的 制备及其应用

吴明铂 邱介山 郑经堂 张玉贞 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要阐述石油基碳质材料的制备、性质及应用。全书共九章,较详细地论述了制备碳质材料的各种石油馏分及由其制备的中间相沥青、针状焦、沥青树脂、高密度各向同性炭、泡沫炭、炭微球、碳纤维/活性炭纤维及多孔炭等多种中间基材和碳质材料。

本书可供从事炭材料、石油加工及重质油研究和生产的科技人员参考,也可作为大专院校材料科学与工程、化学工程与技术等专业的师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油基碳质材料的制备及其应用 / 吴明铂等主编. —北京:
中国石化出版社, 2010. 11
ISBN 978 - 7 - 80229 - 632 - 9

I. ①石… II. ①吴… III. ①碳 - 材料科学 IV. ①TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 217990 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 344 千字

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

定价:40.00 元

编 委 会

主 编：吴明铂 邱介山 郑经堂 张玉贞

委 员：（以姓氏笔画为序）

朱文慧 李士斌 宋长刚 何孝军

查庆芳 侯宝花 郭 宁 郭燕生

滕传亮 谭明慧

前 言

以碳为骨架的材料统称为碳质材料。碳质材料伴随着人类悠远古老的历史已经走过了几千年的旅程，并覆盖了现代社会生活的各个方面。

碳质材料家族的性质非常神奇，从最硬(金刚石)到最软(石墨)，从优良的绝缘体(金刚石)到优良的导体(石墨、纳米碳管)，从优良的绝热体(石墨层间、炭黑、炭毡)到优良的导热体(金刚石、石墨纤维、纳米碳管)，从全透光(金刚石)到全吸光(石墨)等，可以说世界上没有哪一种材料能够呈现出如此广泛，甚至是完全处于极端对立的性能。

碳质材料家族的成员越来越多。各种人造石墨、热解石墨、膨胀石墨、玻璃炭、活性炭、活性炭纤维、石墨层间化合物、金刚石膜、碳纤维及其复合材料、泡沫炭、富勒烯、纳米碳管已被广泛深入研究，石墨烯的横空出世又为碳质材料吸引了足够的目光。碳质材料无处不在，已广泛应用于航天、航空、能源、环保、催化、交通、石油、化工、化肥、农药、机械、材料、电子、医疗、文体以及劳保等各领域。

碳质材料这一切归因于碳原子——元素周期表中第6号元素的电子结构及键合方式的多样性、碳原子中 π 电子的独特作用以及碳微晶在纳米和微米尺度上取向、堆叠、聚集的复杂变化，形成了各具特色的织构，最终导致其广泛而多样化的性能。

本书结合作者多年来在重质油及碳质材料领域的研究工作，吸收国内外在本专业技术中的精华，着重讲述了以各种石油馏分为原料制备的碳质材料。

本书的出版得到了重质油国家重点实验室的资助，同时也得到了国家自然科学基金委员会、山东省自然科学基金委员会、教育部新世纪优秀人才支持计划、中央高校基本科研业务费专项资金的大力支持，在此一并表示感谢。

希望通过此书的出版能促进我国石油基碳质材料工业的发展，为赶超世界先进水平尽我们的微薄之力。

目 录

第1章 石油及其制碳质材料馏分概述	(1)
1.1 国内外石油资源分布	(1)
1.1.1 世界原油主要分布地区	(1)
1.1.2 中国石油资源分布	(3)
1.2 原油组成及特点	(7)
1.2.1 一般性状	(7)
1.2.2 原油的元素组成	(7)
1.2.3 原油的馏分组成	(8)
1.3 原油的主要加工过程	(9)
1.3.1 常减压蒸馏	(9)
1.3.2 催化裂化	(11)
1.3.3 催化重整	(14)
1.3.4 加氢精制和加氢裂化	(16)
1.3.5 热加工过程	(18)
1.4 石油加工主要产品	(19)
1.4.1 石油燃料	(19)
1.4.2 溶剂油及化工轻油原料	(20)
1.4.3 润滑油和润滑脂	(21)
1.4.4 蜡、沥青和石油焦	(22)
1.5 可制碳质材料的石油馏分	(22)
1.5.1 减压渣油	(22)
1.5.2 催化裂化油浆	(23)
1.5.3 石油焦	(28)
1.5.4 石油沥青	(32)
第2章 中间相	(41)
2.1 概述	(41)
2.2 中间相炭微球的形成过程、机理及其影响因素	(41)
2.2.1 MCMB 形成过程及机理	(41)
2.2.2 影响因素	(44)
2.3 炭化过程及中间相的形成	(46)
2.4 原料组成对中间相形成的影响	(46)
2.5 炭化条件的影响	(47)
2.5.1 热处理温度和停留时间的影响	(47)
2.5.2 压力的影响	(47)
2.6 中间相沥青的组成与性质	(48)

第3章 针状焦	(51)
3.1 应用	(51)
3.2 原料	(52)
3.2.1 要求	(52)
3.2.2 来源选择	(53)
3.2.3 制备	(54)
3.3 工艺路线	(57)
3.3.1 煤系针状焦	(57)
3.3.2 油系针状焦	(58)
3.4 质量影响因素	(61)
3.4.1 原料结构组成	(61)
3.4.2 压力、温度和循环比	(61)
3.4.3 主要焦化方法	(62)
3.4.4 煅烧机理	(63)
3.5 产品指标	(64)
3.6 工艺条件的影响	(67)
3.6.1 热转化温度	(67)
3.6.2 反应时间	(68)
3.6.3 升温速率	(68)
3.6.4 压力	(68)
3.7 发展趋势	(68)
第4章 COPNA 树脂	(75)
4.1 前言	(75)
4.2 树脂的特点	(77)
4.3 树脂的合成方法及反应机理	(79)
4.4 树脂的分析与表征	(81)
4.5 制备工艺	(82)
4.5.1 石油沥青为原料	(82)
4.5.2 FCC 油浆为原料	(83)
4.6 树脂的改性	(88)
4.7 树脂的应用	(89)
4.7.1 纯芳烃树脂	(89)
4.7.2 沥青系树脂	(90)
4.7.3 石油系树脂	(91)
第5章 高密度各向同性炭	(95)
5.1 应用及研究现状	(95)
5.1.1 应用简况	(95)
5.1.2 研究概况	(97)
5.2 结构特点及性能	(102)
5.3 制备方法	(103)

5.3.1	概述	(103)
5.3.2	原料	(105)
5.4	强化制备工艺	(107)
5.4.1	提高填充密度	(108)
5.4.2	高压成型	(108)
5.4.3	加压焙烧	(108)
5.4.4	加压成型焙烧	(109)
5.4.5	多次浸渍再焙烧	(109)
5.4.6	加热压缩处理	(109)
5.5	成型方法	(110)
5.5.1	模压	(110)
5.5.2	等静压	(111)
5.6	中间相炭微球制备交密度各向同性炭的影响因素	(111)
5.6.1	原料	(111)
5.6.2	预氧化温度及时间	(112)
5.6.3	成型压力及时间	(112)
5.6.4	热处理温度及升温速率	(112)
5.6.5	热处理时间	(112)
5.7	发展前景	(112)
5.7.1	提高质量	(112)
5.7.2	增加品种	(113)
5.7.3	编制型号	(113)
5.7.4	拓展应用	(113)
第6章	泡沫炭	(115)
6.1	引言	(115)
6.2	结构及性能	(115)
6.2.1	结构	(115)
6.2.2	性能	(116)
6.3	制备	(118)
6.3.1	有机聚合物为原料	(118)
6.3.2	中间相沥青为原料	(119)
6.3.3	煤为原料	(121)
6.3.4	其他含碳原料	(122)
6.4	结构控制及表征	(123)
6.5	应用前景	(123)
6.5.1	热控材料方面	(123)
6.5.2	电极材料方面	(124)
6.5.3	机械及其他方面	(125)
第7章	中间相炭微球	(131)
7.1	概述	(131)

7.1.1	发展历史	(132)
7.1.2	研发现状及发展前景	(134)
7.2	制备方法及影响因素	(136)
7.2.1	原料	(136)
7.2.2	制备方法	(138)
7.2.3	MCMB 的形成过程、机理及其影响因素	(142)
7.3	改性及修饰	(142)
7.3.1	预氧化及热处理	(142)
7.3.2	添加其他物质	(143)
7.3.3	MCMB 的炭化和石墨化	(144)
7.3.4	活化	(144)
7.4	结构特点及表征	(146)
7.4.1	结构特点	(146)
7.4.2	表征	(147)
7.5	应用	(150)
7.5.1	制备高密度各向同性炭—石墨材料	(150)
7.5.2	制备高比表面活性炭微球	(152)
7.5.3	制备锂离子电池	(152)
7.5.4	其他应用	(154)
7.5.5	供需情况	(154)
第 8 章	碳纤维/活性炭纤维	(159)
8.1	主要特点	(159)
8.1.1	碳纤维	(159)
8.1.2	活性炭纤维	(160)
8.2	制备	(164)
8.2.1	碳纤维	(165)
8.2.2	活性炭纤维	(167)
8.3	结构控制	(171)
8.3.1	孔结构控制方法	(171)
8.3.2	表面改性	(172)
8.4	应用	(174)
8.4.1	碳纤维	(174)
8.4.2	活性炭纤维	(174)
8.5	结束语	(181)
第 9 章	多孔炭	(187)
9.1	引言	(187)
9.2	传统活性炭	(188)
9.2.1	制备	(188)
9.2.2	应用	(189)
9.3	超级活性炭	(190)

9.3.1	制备	(191)
9.3.2	应用	(191)
9.4	炭分子筛	(193)
9.4.1	制备	(193)
9.4.2	应用	(194)
9.5	孔结构	(195)
9.6	孔结构表征	(197)
9.7	表面官能团及其表征	(202)
9.8	最新进展	(206)

第1章 石油及其制碳质材料馏分概述

碳是自然界分布非常普遍的一种元素，地球上的生命都是以碳原子为基础的实体。以碳为主要构成元素的有机化学，其发展已为塑料、橡胶和纤维三大合成材料的发展壮大奠定了坚实的基础，而这些合成材料又为人类创造了一个绚丽多彩的世界。碳元素的特点之一是存在着众多的同素异构体，其原子间除单键外，还能形成稳定的双键和三键，从而形成许许多多结构和性质完全不同的物质。人们所熟知的就有金刚石、石墨和不同石墨化程度的各种过渡态碳，后来又发现了以 C_{60} 为代表的富勒烯、碳纳米管及石墨烯。人工制造的以碳元素为主要组分的各种炭材料有其古老的产品，也有通过现代科技进步创造的新品种。

随着科技进步，有关碳及炭材料的物理化学性质不断被发现并得到应用，炭材料的品种开发展现出一派繁荣发达的景象。各种碳的同素异构体几乎都可以通过有机物的气相、液相或固相，在高温、高压、高能激发状态下使富碳物质的结构和形态发生转化而制得，产品除经典炭材料的块状外，还可以有粉、球、片、膜、纤维、织物以及不同成型体等各种形态。这些新型炭材料的特性几乎可包括地球上所有物质的各种性质甚至是相对立的两种性质，如从最硬到极软，全吸光—全透光，绝缘—半导体—高导体，绝热—良导热，铁磁体—高临界温度的超导体等。它们可以是兼有金属、陶瓷和高分子材料三者性能于一身的独特材料。

石油，又称原油，是从地下深处开采的棕黑色可燃黏稠液体，主要由各种烷烃、环烷烃、芳香烃组成的混合物。石油是古代海洋或湖泊中的生物经过漫长的演化形成的混合物，与煤一样属于化石燃料。石油，这种被誉为“黑金”的“工业血液”，悄无声息地流淌在国民经济的每个细微毛孔中，大到加油站巨大油罐内的汽、柴油，小到一个鼠标、一支圆珠笔，无不与石油及其衍生的化工产品息息相关。

随着材料科学的快速进展，新材料不断涌现并给社会带来了巨大的经济效益。事实上，石油加工过程中得到的一些产品或副产品作为优质而廉价的碳源可用于很多新材料的制备，目前已经在包括纳米炭化物材料、先进复合材料、智能材料和电池负极材料等在内的新材料领域展现出巨大的应用前景。

本章将简单介绍石油资源概况、石油加工过程及其馏分产物的特点，并在此基础上论述以石油加工产品或副产品为原料制备炭材料的发展历程及前景。

1.1 国内外石油资源分布

1.1.1 世界原油主要分布地区

总体上原油的分布极不平衡：从东西半球来看，约 $3/4$ 的石油资源集中于东半球，西半球仅占 $1/4$ ；从南北半球看，石油资源主要集中于北半球；从纬度分布看，主要集中在北纬 $20^\circ \sim 40^\circ$ 和 $50^\circ \sim 70^\circ$ 两个纬度带内。波斯湾及墨西哥湾两大油区和北非油田均处于北纬 $20^\circ \sim 40^\circ$ 内，该带集中了 51.3% 的世界石油储量； $50^\circ \sim 70^\circ$ 纬度带内有著名的北海油田、俄罗斯伏尔加及西伯利亚油田和阿拉斯加湾油区。

1. 中东波斯湾沿岸

中东海湾地区地处欧、亚、非三洲的枢纽位置，原油资源非常丰富，被誉为“世界油库”。据美国《油气杂志》2006年数据显示，世界原油探明储量为1804.9亿吨。其中，中东地区的原油探明储量为1012.7亿吨，约占世界总储量的2/3。

2. 北美洲

北美洲原油储量最丰富的国家是加拿大、美国和墨西哥。加拿大原油探明储量为245.5亿吨，居世界第2位。美国原油探明储量为29.8亿吨，主要分布在墨西哥湾沿岸和加利福尼亚湾沿岸，以得克萨斯州和俄克拉荷马州最为著名，阿拉斯加州也是重要的石油产区。美国是世界第二大产油国，但因消耗量过大，每年仍需进口大量石油。墨西哥原油探明储量为16.9亿吨，是西半球第三大传统原油战略储备国，也是世界第六大产油国。

3. 欧洲及欧亚大陆

欧洲及欧亚大陆原油探明储量为157.1亿吨，约占世界总储量的8%。其中，俄罗斯原油探明储量为82.2亿吨，居世界第8位，但俄罗斯是世界第一大产油国，2006年的石油产量为4.7亿吨。中亚的哈萨克斯坦也是该地区原油储量较为丰富的国家，已探明的储量为41.1亿吨。挪威、英国、丹麦是西欧已探明原油储量最丰富的三个国家，分别为10.7亿吨、5.3亿吨和1.7亿吨，其中挪威是世界第十大产油国。

4. 非洲

非洲是近几年原油储量和石油产量增长最快的地区，被誉为“第二个海湾地区”。2006年，非洲探明的原油总储量为156.2亿吨，主要分布于西非几内亚湾地区和北非地区。专家预测，到2010年，非洲国家石油产量在世界石油总产量中的比例有望上升到20%。

利比亚、尼日利亚、阿尔及利亚、安哥拉和苏丹排名非洲原油储量前五位。尼日利亚是非洲地区第一大产油国。目前，尼日利亚、利比亚、阿尔及利亚、安哥拉和埃及等国的石油产量占非洲总产量的85%。

5. 中南美洲

中南美洲是世界重要的石油生产和出口地区之一，也是世界原油储量和石油产量增长较快的地区之一，委内瑞拉、巴西和厄瓜多尔是该地区原油储量最丰富的国家。2006年，委内瑞拉原油探明储量为109.6亿吨，居世界第7位。2006年，巴西原油探明储量为16.1亿吨，仅次于委内瑞拉。

巴西东南部海域坎波斯和桑托斯盆地的原油资源，是巴西原油储量最主要的构成部分。厄瓜多尔位于南美洲大陆西北部，是中南美洲第三大产油国，境内石油资源丰富，主要集中在东部亚马孙盆地，另外，在瓜亚斯省西部半岛地区和瓜亚基尔湾也有少量油田分布。

6. 亚太地区

亚太地区原油探明储量约为45.7亿吨，也是目前世界石油产量增长较快的地区之一。中国、印度、印度尼西亚和马来西亚是该地区原油探明储量最丰富的国家，分别为21.9亿吨、7.7亿吨、5.8亿吨和4.1亿吨。中国和印度虽原油储量丰富，但是每年仍需大量进口。

由于地理位置优越和经济的飞速发展，东南亚国家已经成为世界新兴的石油生产国。印尼和马来西亚是该地区最重要的产油国，越南也于2006年取代文莱成为东南亚第三大石油生产国和出口国。印尼的苏门答腊岛、加里曼丹岛，马来西亚近海的马来盆地、沙捞越盆地

和沙巴盆地是主要的原油分布区。

1.1.2 中国石油资源分布

世界石油资源分布不均,使得石油这种重要战略物资必须通过国际贸易才能达成其在全球的平衡使用。经过数十年的发展,中国目前已经是世界第四大石油生产国。中国的石油资源主要分布在中东部地区,全国各大油田油藏储量不等,根据相关资料,大致情况如下:

1. 大庆油田

大庆油田位于黑龙江省西部,松嫩平原中部,地处哈尔滨、齐齐哈尔市之间,1960年投入开发建设,由萨尔图、杏树岗、喇嘛甸、朝阳沟等48个规模不等的油气田组成,面积约6000平方公里。勘探范围主要包括东北和西北两大探区,共计14个盆地,登记探矿权面积23万平方公里,是我国目前最大的油田。

大庆油田为大型背斜构造油藏,油层为中生代陆相白垩纪砂岩,深度900~1200m,中等渗透率。原油为石蜡基,具有含蜡量高(20%~30%),凝固点高(25~30℃),黏度高(地面黏度35mPa·s),含硫低(在0.1%以下)的特点。原油密度(0.83~0.86g/cm³)。

2. 胜利油田

胜利油田地处山东北部渤海之滨的黄河三角洲地带,主要分布在东营、滨州、德州、济南、潍坊、淄博、聊城、烟台8个城市的28个县(区)境内,主要工作范围约4.4万平方公里。胜利油田是一个地质条件复杂,含油层系多、储层种类多、物性变化大、油藏类型多的复式含油盆地。

胜利油田是一个资源丰富、资金密集、技术密集、人才密集的国有特大型企业,是中国第二大石油生产基地,同时又是正在建设中的山东石油化工基地和农牧渔业基地,在实施中国石油工业“稳定东部,发展西部”战略方针和山东省两个跨世纪工程(开发建设“黄河三角洲”和建设“海上山东”)中均具有举足轻重的地位。

3. 辽河油田

辽河油田主要分布在辽河中下游平原以及内蒙古东部和辽东湾滩海地区,被沈阳、辽阳、鞍山、营口、大连环抱,地跨辽宁省和内蒙古自治区的13市(地)32县(旗),总面积近10万平方公里,已建成兴隆台、曙光、欢喜岭、锦州、高升、沈阳、茨榆坨、冷家、科尔沁等9个主要生产基地。

辽河油田是以石油、天然气勘探开发为主、油气深加工等多元开发为辅的大型联合企业,曾是中国第三大油田,在全国500家最大企业中位居前列。目前原油年开采能力1000万吨以上,天然气年开采能力17亿立方米。

4. 克拉玛依油田

克拉玛依油田位于新疆准噶尔盆地西北边缘,地处新疆克拉玛依市。在独山子油矿北约130千米处,有一座“沥青丘”,这里像山泉一样流出的不是水,而是黑色的油。当地人把这里叫做“黑油山”,维吾尔语即“克拉玛依”。在这里,先后发现克拉玛依、白碱滩、百口泉、乌尔禾、红山嘴等多个油田。如今的克拉玛依地区已经建设成为一个依托石油立体发展的工业城市。

5. 四川油田

四川油田地处四川盆地,油田主要分布在川中地区,如龙女寺油田、桂花园油田等。多为裂缝性的砂岩油藏或介壳灰岩油藏。储油层位为侏罗系的凉高山组和大安寨组及三迭系的香溪群,埋藏深度在1100~2300m。原油物性好,密度(0.72~0.86)g/cm³,地面黏度

0.77 ~ 11.76 mPa · s。

四川油田在四川盆地内建成南部、西南部、西北部、东部4个气区。目前生产天然气产量占全国总产量近一半，是我国第一大气田。四川气田的产气层都是碳酸盐岩，储集空间主要是石灰岩和白云岩的裂缝和溶洞。气井投产前大都需要进行酸化和压裂等措施，以改善气层的流动条件。天然气的成分以干气为主，CH₄含量94% ~ 97%，C_mH_n占1% ~ 2%，H₂S占0 ~ 2.5%。

6. 华北油田

华北油田位于河北省中部冀中平原的任丘市，包括京、冀、晋、蒙区域内油气生产区，成为我国最大的碳酸盐岩潜山大油田——任丘油田。

华北油田已开发的油气田主要集中在河北省的冀中地区和内蒙古地区。勘探面积近20 × 10⁴ km²。探区内有石油资源30亿吨左右，现已探明11亿吨，探明程度36.7%，探区内有天然气资源1753亿立方米左右，现已探明273 × 10⁸ m³，探明程度仅有15.6%。而新登记的冀南—南华北地区，是一片尚待开发的潜力区块，面积达3万平方公里。华北油田油气的勘探潜力很大，发展前景非常广阔。

7. 大港油田

大港油田位于天津市大港区，东临渤海，西接冀中平原，东南与山东毗邻，北至津唐交界处，地跨津、冀、鲁3省市的25个区、市、县。大港油田勘探开发建设始于1964年，油田总部位于国家“十一五”重点开发开放建设区——天津市滨海新区，距北京190km，距天津新港40km，距天津国际机场70km，地理位置优越，海陆空交通发达，往来便捷，是环渤海经济圈的重要组成部分。

8. 中原油田

中原油田位于河南、山东两省交界处，中心地区在河南省濮阳市，是中国东部地区一个重要的石油、天然气生产基地。1975年开始大规模勘探，1979年正式投入开发，其地质构造属渤海湾沉降带的一部分，是一个由地质断裂而形成的具有裂谷特点的盆地，地质上称之为东濮凹陷。盆地北起山东莘县，南到河南兰考，呈东北—西南走向，面积约5300平方公里，从地质图上看，恰似一把斜挂的琵琶。

9. 吉林油田

吉林油田地处吉林省松原市，油气勘探开发在吉林省境内的两大盆地展开，始建于1961年，截至2009年生产油气当量达到750万吨，是东部唯一仍在增产的油田，老油田迸发出了新生机。

吉林油田，已先后发现并探明18个油田，其中扶余、新民两个油田是储量超亿吨的大型油田，油田生产现已达到年产原油650万吨以上，原油加工能力70万吨特大型企业的生产规模。

10. 河南油田

河南油田位于豫西南的南阳盆地，其工矿区横跨河南、新疆、安徽、黑龙江4个省区。目前，该油田主要探区分布在河南南阳、泌阳凹陷；秦岭、大别山北侧；赣南皖北望江、潜山盆地；新疆焉耆、塔里木盆地的孔雀河；两北区块，内蒙巴彦浩特盆地，东北三江盆地；面积95847平方公里，资源量近34亿吨。

分公司已投入开发13个油田。东部油区11个油田，其中稀油油田8个、稠油油田3个，产出原油分别为低硫石蜡基类稀油和沥青基类稠油；西部(新疆)油区2个油田，产出

原油为轻质黑油。东部 11 个油田生产的原油混合后属中质Ⅱ类，具有含蜡高(双河油田平均为 32.8%)，含硫低(双河油田平均为 0.1%)，凝固点高，轻质馏分比例低等特点，年产量在 170 万吨以上。西部 2 个油田生产的原油属轻质类，具有低密度、低黏度、低胶质沥青质、中高含蜡、中等凝固点、不含硫等特点，年产量在 10 万吨以上。

11. 长庆油田

长庆油田分布在陕、甘、宁、蒙、晋 5 省区的 15 个地市 61 个县(旗)，高度分散，主体在鄂尔多斯盆地(又称陕甘宁盆地)。长庆油田油气勘探开发建设始于 1970 年，拥有石油总资源量 85.88 亿吨，天然气总资源量 10.7 万亿立方米，同时还蕴藏着丰富的煤炭、岩盐、煤层气、铀等资源。长庆油田矿产资源登记面积 25.78 万平方公里，登记地域范围 7 个盆地，占中油股份公司总登记面积的 14%，位居中国石油第二位。油田总部位于陕西省西安市。

长庆油田公司的主营业务是在鄂尔多斯盆地及外围盆地进行石油天然气及共生、伴生资源和非油气资源的勘查、勘探开发和生产、油气集输和储运、油气产品销售等。长庆油田已成为中国重要的能源基地和油气生产的主战场，2009 年长庆油田油气当量突破 3000 万吨，超过胜利油田成为国内第二大油气田。按照中国石油的规划目标，长庆油田 2015 年的目标是实现油气当量达到 5000 万吨。

12. 江汉油田

江汉油田是我国中南地区重要的综合型石油基地，主要分布在湖北省境内的潜江、荆沙等 7 个市县和山东寿光市、广饶县以及湖南省衡阳市。

江汉油田已建成江汉油区、山东八面河油田、陕西安塞坪北油田和建南气田等四个油气生产基地。截至 2008 年底，拥有国内探矿权区块 11 个，石油资源量 7.87 亿吨，天然气资源量 2.12 万亿立方米；累计发现油田 31 个，探明石油地质储量 3.38 亿吨；发现气田 1 个，探明天然气地质储量 123.73 亿立方米；原油年生产能力 162 万吨，天然气年生产能力 2.07 亿立方米。经过长期实践，江汉油田已形成从勘探选区、盆地评价、区带评价到目标钻探全过程的油气勘探技术和丰富的工程服务经验，具备独立开发大中型海相陆相整装油气田、复杂断块油气田和特低渗透油气田的能力。

13. 江苏油田

江苏油田位于历史文化名城——扬州，这里文人荟萃、经济发达、景色优美、素有油井打在花园里的“水乡油田”之称。油区主要分布在江苏省的扬州、盐城、淮阴、镇江 4 个地区 8 个县市，已投入开发的油气田 22 个，目前勘探的主要对象在苏北盆地东台拗陷。

江苏油田到目前为止，已先后发现了 34 个油气田，探明石油地质储量 1.74 亿吨，天然气地质储量 74 亿立方米，探明含油面积 161km²，建成年产原油 150 万吨以上生产能力。从整体发展态势上看，油气生产目前和今后相当长的时期内仍处于兴盛期。特别是作为勘探接替领域的下扬子和南华北中生界资源总量测算约 20~30 亿吨，包含了石油、天然气、煤层气等多种资源，目前尚处在前期评价研究和早期勘探评价突破阶段，蕴藏着巨大潜力。

14. 青海油田

青海油田位于柴达木盆地西北缘，被昆仑山、祁连山、阿尔金山所环抱。盆地面积约 25 万平方公里，沉积面积 12 万平方公里，具有油气远景的中、新生界沉积面积约 9.6 万平方公里。青海石油勘探从 1954 年开始，经过多年的工作，累计发现地面构造 140 个，探明油气田 23 个。现已成为继四川、长庆、新疆之后的全国第四大气区。

青海油田在敦煌、格尔木、花土沟建有三个基地。敦煌基地是管理局、油田公司机关和部分二级单位所在地，也是油田教育、科研、多种经营、职工轮休和培训基地；格尔木是炼油、化工基地，有一座年加工原油 100 万吨能力的炼油厂；花土沟原油生产基地是油田勘探开发、生产的第一线，有年产百万吨的尕斯库勒油田。

15. 塔里木油田

塔里木油田位于新疆南部的塔里木盆地。东西长 1400km，南北最宽处 520km，总面积 56 万平方公里，是我国最大的内陆盆地。中部是号称“死亡之海”的塔克拉玛干大沙漠。

据最新资源评价，塔里木盆地最终可探明油气资源总量为 160 亿吨油当量，其中，石油 80 亿吨、天然气 10 万亿立方米，被中外地质家称为 21 世纪中国石油战略接替地区。截至 2005 年底，塔里木油田公司累计探明石油地质储量 5.2 亿吨、天然气地质储量 7241 亿立方米，三级油气储量当量达到 24.1 亿吨。到 2010 年，原油年产量达到 800 万吨，天然气年产量达到 200 亿立方米，油气产量当量将突破 2500 万吨。

16. 吐哈油田

吐哈油田勘探区域包括吐哈、三塘湖、民和、银额、中口子等盆地，行政区划包括新疆、甘肃、青海和内蒙古等省区，探矿面积和勘探潜力较大。

于 1991 年 2 月全面展开吐哈石油勘探开发会战。经过不懈的努力和奋斗，吐哈石油人克服了重重困难，在吐哈盆地发现了 21 个油气田，开发建设了 16 个油气田，建成 340 万吨原油生产能力和 12 亿立方米天然气处理能力，建成了具有国际水平的油田，培育了国内一流水平的工程技术服务队伍。2009 年，中国石油天然气集团公司提出该油田油气当量“近期 500 万吨、远期 1000 万吨”的发展战略目标。

17. 玉门油田

玉门油田是新中国第一个天然石油基地，位于河西走廊祁连山北麓，东连万里长城的最西端嘉峪关和历史文化名城酒泉，西连敦煌、新疆等地，是丝绸之路的必经之地。

玉门油田于 1939 年投入开发，1959 年生产原油曾达到 140.29 万吨，占当年全国原油产量的 50.9%。创造了 70 年代 60 万吨稳产 10 年和 80 年代 50 万吨稳产 10 年的优异成绩，被誉为中国石油工业的摇篮。

18. 滇黔桂油田

滇黔桂油田负责云南、贵州、广西三省(区)的石油天然气的勘探开发。滇黔桂油田区域面积 $86 \times 10^4 \text{km}^2$ ，具有大量的中古生界及众多的第三系小盆地，可供勘探面积 $27.7 \times 10^4 \text{km}^2$ 。先后在百色、赤水、楚雄等地区油气勘探有了重大突破，展示了滇黔桂地区具有广阔的油气发展前景。

19. 冀东油田

冀东油田位于渤海湾北部沿海。油田勘探开发范围覆盖唐山、秦皇岛、唐海等 2 市 7 县，总面积 6300km^2 ，其中陆地 3600km^2 ，潮间带和极浅海面积 2700km^2 。相继发现高尚堡、柳赞、杨各庄等 7 个油田 13 套含油层系。

冀东油田勘探区域北起燕山南麓，南至渤海 5m 水深线；西起涧河，东至秦皇岛一带，勘探面积 5797km^2 ，其中陆地面积 4797km^2 ，滩海面积 1000km^2 。截至 2005 年底，累计探明石油地质储量 17662 万吨，控制石油地质储量 4654 万吨，预测石油地质储量 17470 万吨。南堡陆地已发现并投入开发了高尚堡、柳赞、老爷庙三个主要油田，年原油生产能力 150 万吨，年天然气生产能力 6000 万吨。

20. 南海油田

南海东部油气田，多为中外合作油田。中国油田—南海海岸线北起福建省铁炉港，南至广西壮族自治区的北仑河口，大陆海岸线长 5800 多公里。沿海地区包括广东、广西和海南三省。

中国海洋石油南海东部公司，成立于 1983 年 6 月，是中国海洋石油总公司下属的四个地区油公司之一，负责南海东部东经 $113^{\circ}10'$ 以东、面积约 $13.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 海域的石油、天然气的勘探开发生产业务，授权全面执行该海域的对外合作的石油合同和协议。

1.2 原油组成及特点

原油的组成可用不同的方法来表示。从元素组成来说，原油主要含碳、氢、氧、硫、氮等非金属元素，其质量约占原油质量的 98% 左右，其余的是微量的金属和非金属元素，金属元素主要包括钒、镍、铁、铜、铅等，一般与原油中的有机化合物形成配合物，金属元素尽管含量很小，但对原油加工影响很大，其他非金属元素主要包括氯、硅、磷、砷等。从分子组成来说，原油主要由烃类化合物组成，烃类化合物主要由正构烷烃、异构烷烃、环烷烃、芳香烃组成，其中环烷烃主要为五元环、六元环，芳香烃主要有单环、双环和多环芳香烃；其余的物质包括各种含氧化合物、含氮化合物、含硫化合物等，原油中的氧主要集中在胶状沥青状物质中，含量约占千分之几，可分为酸性和中性两大类，酸性物质主要是环烷酸，约占石油酸的 95%；原油中的硫化物主要是硫醇、硫醚、噻吩、多硫化物和元素硫；原油中的含氮化合物约为万分之几至千分之几，主要以胶状、沥青状物质存在，约 90% 集中在渣油中，其中大多数是含氮杂环化合物，包括碱性氮杂环化合物（如吡啶、喹啉、异喹啉等）和非碱性氮杂环化合物（主要包括吡咯、吲哚和咪唑等）。从馏分组成来说，主要有汽油馏分、煤油馏分、溶剂油馏分、柴油馏分、润滑油馏分等。

1.2.1 一般性状

原油是一种主要由碳氢化合物组成的复杂混合物。世界各油区所产原油的性质、外观都有不同程度的差异。大部分原油是暗色的，通常呈黑色、褐色或浅黄色。原油在常温下多为流动或半流动的黏稠液体，相对密度在 0.80 ~ 0.98 之间，个别原油如伊朗某石油相对密度高达 1.016，美国加利福尼亚州的原油相对密度较低，可低至 0.707。重质原油的相对密度一般大于 0.93，而且黏度较高，重质原油蕴藏也较丰富。轻质原油的相对密度一般小于 0.80，特点是相对密度小、轻油收率高、渣油含量少，轻质原油目前的探明储量少。我国主要油区原油的相对密度多在 0.85 ~ 0.95 之间，凝点及蜡含量较高、庚烷沥青质含量较低，属偏重的常规原油。

许多原油含有一些有臭味的硫化物，有浓烈的特殊气味。我国原油一般含硫量都较低，通常低于 0.5%，只有胜利原油、新疆塔河原油和孤岛原油含硫量较高。表 1-1 为我国主要产油区原油的一般性质。

1.2.2 原油的元素组成

石油的组成虽然极其复杂，并且世界各油区所产石油，甚至同一油区不同油层和油井所产的原油，在组成和性质上也可能存在很大差别。但是，原油中的元素种类并不多，基本上由碳、氢、硫、氮、氧五种元素所组成。所以，研究原油的元素组成有助于研究其化学组成。表 1-2 是某些地区原油的元素组成。