

油 页 岩

—— 石油的补充能源



钱家麟	尹 亮	主 编
王剑秋	李术元	副主编
韩 放	何永光	



中国石化出版社

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

油 页 岩

——石油的补充能源

主 编	钱家麟	尹 亮
	王剑秋	李术元
副主编	韩 放	何永光

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是一本油页岩的专著,阐述了有关油页岩性质及其加工利用的基本知识,内容包括国内外油页岩的地质、资源、性质、分析评价、干馏炼油、燃烧发电、制取水泥等工艺,环保、能效、经济,以及油页岩发展的历史、现状和前景。本书由浅入深,内容新颖,包括直至2007年底世界油页岩的发展概况。

本书可供从事油页岩生产、科研、计划工作者阅读,也可供有关大专院校师生、石油地球化学、油砂和能源工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

油页岩:石油的补充能源/钱家麟,尹亮主编. —北京:中国石化出版社,2008

ISBN 978-7-80229-576-6

I. 油… II. ①钱…②尹… III. 油页岩-基本知识 IV. P618.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第059196号

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

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本26.5印张654千字

2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷

定价:80.00元

编 委 会

主 编：钱家麟 尹 亮

副主编：王剑秋 李术元 韩 放 何永光

编 委：（以姓氏笔画为序）

王 擎 王伟东 王志奉 王剑秋 尹 亮

刘招君 孙 键 何永光 李少华 李术元

尚文治 施国泉 钱家麟 韩 放 彭德洪

肇永辉

前 言

世界油页岩事业几起几落。

进入 21 世纪，特别是近两年来，国际油价高涨，2008 年 1 月，每桶原油价格突破 100 美元。因此，油页岩的开发利用，主要是油页岩的干馏炼油，重新受到世界各国的关注。美国能源部根据国会于 2005 年通过的加速发展非常规能源的法案，于 2007 年提出了发展美国油页岩工业的规划建议。美国矿业学院在停顿了多年以后，于 2006 年和 2007 年连续召开了油页岩国际学术会议；中国和爱沙尼亚有关油页岩生产的公司都有增产的计划，有关大学和研究机构继续开展了油页岩的研究。

在这种形势下，有关方面迫切需要有关油页岩的书籍。在中国，1984 年由两院资深院士侯祥麟主编出版的《中国页岩油工业》早已售罄，而且，其内容也仅限于中国的情况。

有鉴于此，笔者编写了这本油页岩专著，内容不限于中国的油页岩，也阐述了世界的发展；全面地介绍了油页岩地质、资源、性质、评价以及干馏炼油、燃烧发电、制取水泥等工艺，并包括了环保、经济、设计要点，介绍了世界油页岩发展的历史、现状和前景预测。

本书既是一本专著，也是一本深入浅出的基本知识的书籍。各章既有联系，也有相对的独立性。从事工业生产的读者可以重点阅读有关基本分析、评价、工艺、经济 and 发展的章节；而有关油页岩干馏燃烧的基本理论则主要为从事油页岩研究工作的读者而准备的。本书内容新颖，包括了直至 2007 年底的油页岩的发展概况。

本书的编委都是曾经或当前从事有关油页岩科研开发、加工利用、设计建设或生产管理方面的专家；全书由主编钱家麟 (Email: jhqian2001@yahoo.com) 撰写初稿，并在听取各有关编委的意见后，对初稿加以修改而定稿。

希望本书的出版，能为油页岩事业的发展做出贡献。

钱家麟

2008 年 1 月

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 油页岩定义、用途、特性	(1)
1.2 油页岩与煤、油砂的区别	(2)
1.3 页岩油与原油、稠油的区别	(2)
1.4 油页岩成为石油的补充能源	(2)
参考文献	(3)
第二章 油页岩的形成和分布	(4)
2.1 固体化石燃料的类别	(4)
2.2 油页岩的原始物质	(4)
2.3 油页岩的形成	(5)
2.3.1 油页岩形成的过程	(5)
2.3.2 油页岩形成的年代	(8)
2.3.3 油页岩形成的环境	(9)
2.3.4 油页岩形成的条件	(9)
2.4 世界油页岩资源分布	(10)
2.5 中国油页岩资源分布	(12)
2.5.1 中国油页岩层系分布	(12)
2.5.2 中国油页岩品级分布	(14)
2.5.3 中国油页岩埋深分布	(14)
2.5.4 中国油页岩地理环境分布	(14)
2.6 中国主要油页岩盆地及其特征	(14)
2.6.1 抚顺盆地	(15)
2.6.2 茂名盆地	(17)
2.6.3 桦甸盆地	(17)
2.6.4 黄县盆地	(18)
2.6.5 鄂尔多斯盆地	(20)
2.6.6 松辽盆地农安矿区	(23)
2.6.7 民和盆地	(23)
2.6.8 新疆博格达山北麓矿区	(23)
2.6.9 黑龙江省达连河矿区	(23)
2.6.10 海南省儋州长城矿区	(23)
2.7 美国油页岩资源分布	(23)
2.7.1 绿河构造	(24)
2.7.2 东部泥盆纪矿藏	(24)
2.8 俄罗斯油页岩资源分布	(25)

2.9 爱沙尼亚油页岩资源分布	(26)
2.10 加拿大油页岩资源分布	(26)
2.11 巴西油页岩资源分布	(26)
2.12 澳大利亚油页岩资源分布	(27)
2.13 约旦油页岩资源分布	(27)
参考文献	(27)
第三章 世界油页岩储量	(30)
3.1 世界各国油页岩资源量和储量	(30)
3.2 中国各省各矿区油页岩资源量和储量	(34)
参考文献	(38)
第四章 油页岩开采	(40)
4.1 露天矿开采	(40)
4.2 地下开采	(41)
4.2.1 壁式开采法	(41)
4.2.2 房柱式开采法	(41)
4.3 中国油页岩开采	(42)
4.3.1 抚顺煤矿油页岩开采	(42)
4.3.2 茂名金塘油页岩开采	(43)
4.3.3 桦甸油页岩开采	(44)
4.4 爱沙尼亚油页岩开采	(44)
4.5 俄罗斯油页岩开采	(45)
4.6 巴西油页岩开采	(46)
4.7 美国油页岩开采	(46)
4.8 世界油页岩开采量	(46)
参考文献	(47)
第五章 油页岩的物理性质和工业评价分析	(49)
5.1 油页岩的物理性质	(49)
5.1.1 外观与颜色	(49)
5.1.2 相对密度	(49)
5.1.3 硬度与强度	(49)
5.1.4 比热容	(50)
5.1.5 热膨胀	(52)
5.1.6 导热性能	(52)
5.1.7 熔点	(53)
5.2 油页岩的工业评价分析	(53)
5.2.1 基准	(54)
5.2.2 分析试样的制备	(55)
5.2.3 铝甄分析(含油率测定)	(55)
5.2.4 热值	(57)
5.2.5 工业分析	(58)

5.2.6 元素分析	(60)
5.3 油页岩的微量元素	(61)
5 附件 油页岩含油率测定法(低温干馏法)(SH/T 0508—92)	(62)
参考文献	(67)
第六章 油页岩的组成和结构	(69)
6.1 矿物质	(69)
6.1.1 矿物质来源	(69)
6.1.2 矿物质含量	(69)
6.1.3 矿物质组成	(70)
6.1.4 矿物质骨架	(72)
6.2 油母质	(72)
6.2.1 油母质含量	(72)
6.2.2 油母质元素组成	(73)
6.2.3 油母质结构	(74)
6.3 沥青	(76)
6.3.1 沥青含量	(76)
6.3.2 沥青组成	(76)
参考文献	(77)
第七章 油页岩干燥和干馏的基础研究	(78)
7.1 干燥条件和现象	(78)
7.2 干燥机理和动力学	(78)
7.3 干馏过程	(81)
7.4 影响干馏的因素	(81)
7.4.1 加热温度	(81)
7.4.2 加热时间	(84)
7.4.3 加热速度	(85)
7.4.4 油页岩块径	(86)
7.5 干馏吸热	(87)
7.6 热解机理	(88)
7.7 油页岩热解动力学模型	(91)
7.7.1 粉末页岩热解	(91)
7.7.2 颗粒油页岩热解	(99)
7.7.3 块状油页岩热解	(101)
7.7.4 油页岩热解动力学研究成果应用于生油岩原油生成量的计算	(104)
参考文献	(105)
第八章 油页岩和半焦的氧化、燃烧及气化的基础研究	(109)
8.1 风化、自燃、着火和爆炸	(109)
8.2 氧化反应	(109)
8.2.1 氧化制有机酸及油母质结构研究	(109)
8.2.2 氧化对含油率的影响	(110)

8.3 燃烧过程	(111)
8.4 粉末页岩燃烧动力学	(112)
8.5 粉末页岩半焦燃烧动力学	(115)
8.6 颗粒页岩燃烧动力学	(116)
8.7 颗粒页岩半焦燃烧动力学	(120)
8.8 颗粒页岩和半焦混烧的特征和动力学	(123)
8.9 油页岩流化特征和流化燃烧的研究	(124)
8.9.1 油页岩流化特征的冷态研究	(124)
8.9.2 油页岩流化燃烧的研究	(124)
8.10 页岩半焦气化的研究	(127)
参考文献	(130)
第九章 油页岩资源利用的评价	(134)
9.1 油页岩矿藏资源评价及利用的可行性	(134)
9.2 油页岩矿藏的评价及其案例	(135)
参考文献	(136)
第十章 油页岩干馏工艺	(137)
10.1 地下干馏	(137)
10.1.1 真地下干馏	(137)
10.1.2 改良式地下干馏	(137)
10.1.3 电热法地下干馏	(138)
10.2 地上干馏	(138)
10.2.1 外热式干馏炉	(138)
10.2.2 内热式干馏炉—块状、颗粒、粉末页岩干馏炉	(138)
参考文献	(139)
第十一章 块状页岩干馏炉	(141)
11.1 抚顺式干馏炉	(141)
11.1.1 抚顺式炉的发展历程	(141)
11.1.2 抚顺式炉的干馏工艺原理	(143)
11.1.3 抚顺式炉的干馏工艺流程	(145)
11.1.4 抚顺式炉的结构	(146)
11.1.5 抚顺式炉的运转	(148)
11.1.6 抚顺式炉的物料平衡和热平衡	(149)
11.1.7 约旦拉琮油页岩在抚顺炉试验情况	(155)
11.1.8 抚顺式炉的优缺点	(157)
11.1.9 抚顺式炉的改进	(158)
11.2 茂名圆炉	(161)
11.2.1 茂名圆炉—抚顺式炉的改造	(161)
11.2.2 茂名油页岩的干馏特性	(162)
11.2.3 茂名圆炉的生产	(163)
11.3 茂名方炉	(164)

11.3.1	茂名方炉—茂名气燃式方炉	(164)
11.3.2	茂名气燃式方炉的原理	(165)
11.3.3	气燃式方炉的结构	(165)
11.3.4	气燃式方炉的工艺流程	(166)
11.3.5	气燃式方炉的操作	(166)
11.3.6	气燃式方炉的技术经济指标	(168)
11.3.7	茂名方炉和圆炉的比较	(168)
11.3.8	气燃式方炉应用于煤的干馏	(169)
11.4	基维特干馏炉	(169)
11.4.1	基维特炉的发展历程	(169)
11.4.2	基维特炉工艺原理和结构	(169)
11.4.3	基维特炉的技术经济指标	(171)
11.4.4	基维特炉对茂名圆炉的改造试验	(171)
11.5	佩特洛瑟克斯炉	(171)
11.5.1	佩特洛瑟克斯炉的发展历程	(171)
11.5.2	佩特洛瑟克斯炉的原理流程	(172)
11.5.3	佩特洛瑟克斯炉的生产数据	(172)
11.6	岩石泵炉	(173)
11.6.1	岩石泵炉的发展历程	(173)
11.6.2	岩石泵的原理流程	(173)
11.6.3	岩石泵的热效率	(175)
	参考文献	(175)
第十二章	颗粒和粉末油页岩干馏炉	(177)
12.1	葛洛特炉	(177)
12.1.1	葛洛特炉的发展历程	(177)
12.1.2	葛洛特炉的工艺流程	(178)
12.1.3	葛洛特装置的运转和设计数据	(179)
12.2	塔瑟克炉	(181)
12.2.1	塔瑟克炉的开发历程	(181)
12.2.2	塔瑟克炉的工艺流程	(182)
12.2.3	塔瑟克装置的设计和运转情况	(183)
12.3	鲁奇—鲁尔盖斯炉	(183)
12.3.1	鲁奇—鲁尔盖斯炉的开发历程	(183)
12.3.2	鲁奇—鲁尔盖斯炉的工艺流程	(184)
12.3.3	鲁奇—鲁尔盖斯炉的中试结果	(184)
12.4	大工固体热载体干馏炉	(185)
12.4.1	大工固体热载体干馏炉的开发历程	(185)
12.4.2	大工新法干馏工艺流程	(185)
12.4.3	大工新法干馏处理桦甸和茂名油页岩	(186)
12.5	粉末页岩流化干馏炉	(187)

12.5.1 茂名流化干馏中试装置的开发过程	(187)
12.5.2 茂名流化干馏中试装置的流程	(187)
12.5.3 茂名流化干馏中试的过程	(189)
12.5.4 茂名流化干馏中试装置的试验结果	(190)
参考文献	(193)
第十三章 世界油页岩干馏炉的比较及其选择	(195)
13.1 油页岩工业化干馏炉的评价	(195)
13.2 油页岩工业化干馏炉的比较	(195)
13.3 油页岩干馏炉的选择	(196)
参考文献	(197)
第十四章 油页岩干馏的冷凝回收系统	(198)
14.1 炉出口油气不同种类	(198)
14.2 抚顺炉冷凝回收系统	(198)
14.2.1 抚顺炉冷凝回收流程	(199)
14.2.2 抚顺炉冷凝回收设备	(200)
14.3 佩特洛瑟克斯炉冷凝回收系统	(202)
14.3.1 佩特洛瑟克斯冷凝回收流程	(202)
14.3.2 佩特洛瑟克斯冷凝回收设备	(202)
14.4 葛洛特炉冷凝回收系统	(203)
14.4.1 葛洛特炉冷凝回收系统流程	(203)
14.4.2 葛洛特炉的除尘和冷凝回收设备	(203)
14.5 茂名流化干馏炉的冷凝回收系统	(203)
14.5.1 茂名流化干馏中试装置的冷凝回收流程	(203)
14.5.2 茂名流化干馏中试装置的冷凝回收设备	(204)
14.6 冷凝回收系统的讨论	(205)
参考文献	(205)
第十五章 页岩油的性质、组成和评价	(207)
15.1 页岩油的一般性质	(207)
15.2 页岩油的物理化学性质	(209)
15.2.1 页岩油的相对密度	(209)
15.2.2 页岩油的蒸气压	(210)
15.2.3 页岩油的平衡气化	(211)
15.2.4 页岩油的安定性	(220)
15.3 页岩油的分析评价	(221)
15.4 页岩油的组成	(223)
15.4.1 抚顺和茂名页岩油馏分的组成和性质	(223)
15.4.2 美国绿河页岩油的组成和性质	(234)
15.4.3 爱沙尼亚库克瑟特页岩油的组成和性质	(237)
15.4.4 巴西伊拉提页岩油的组成和性质	(240)
15.4.5 澳大利亚页岩油的组成和性质	(242)

15.4.6 约旦拉琼页岩油的组成和性质	(243)
参考文献	(243)
第十六章 页岩油加工制取油品和化学品	(246)
16.1 抚顺页岩油加工流程	(246)
16.1.1 热加工-酸碱精制生产流程	(246)
16.1.2 热加工-酸碱洗涤-加氢精制生产流程	(247)
16.1.3 热加工-加氢精制试验流程	(247)
16.1.4 全馏分焦化-轻油中压加氢精制试验流程	(249)
16.1.5 全馏分高压固定床加氢精制流程	(249)
16.1.6 抚顺页岩油加工流程的探讨	(249)
16.2 抚顺页岩油加工工艺	(250)
16.2.1 常减压蒸馏	(250)
16.2.2 脱蜡及制蜡	(252)
16.2.3 热裂化和焦化	(255)
16.2.4 轻油制取合成润滑油	(257)
16.2.5 加氢精制	(259)
16.2.6 页岩油酚类和吡啶碱类的提取与利用	(266)
16.2.7 页岩油裂解生产炭黑	(271)
16.3 爱沙尼亚页岩油加工制取化工品	(272)
16.4 俄罗斯页岩油加工制取化工品	(274)
16.5 美国绿河页岩油加氢制取汽、煤、柴油	(274)
16.6 巴西伊拉提页岩油加工	(277)
16.7 澳大利亚司道特页岩油加工	(277)
16.8 约旦拉琼页岩油加氢试验	(277)
16.9 不同页岩油加工方案和产品的选择	(278)
参考文献	(279)
第十七章 油页岩燃烧工艺	(281)
17.1 中国油页岩燃烧工艺	(281)
17.1.1 茂名粉末页岩悬浮燃烧锅炉	(281)
17.1.2 黄县粉末页岩悬浮燃烧锅炉	(282)
17.1.3 茂名颗粒页岩流化燃烧锅炉	(285)
17.1.4 茂名颗粒页岩流化燃烧热效率的数学模拟计算	(288)
17.1.5 抚顺石油二厂颗粒页岩流化燃烧锅炉	(291)
17.1.6 桦甸颗粒页岩循环流化燃烧锅炉	(292)
17.2 爱沙尼亚油页岩燃烧工艺	(295)
17.2.1 波罗的海油页岩电厂的悬浮燃烧式锅炉	(296)
17.2.2 爱沙尼亚油页岩电厂的悬浮燃烧式锅炉	(298)
17.2.3 爱沙尼亚油页岩电厂的循环流化燃烧锅炉	(299)
17.3 俄罗斯油页岩燃烧工艺	(301)
17.4 德国道登豪逊油页岩流化燃烧综合利用工艺	(302)

17.5	以色列油页岩流化燃烧工艺	(304)
17.6	瑞典斯塔尔公司增压流化燃烧工艺	(306)
17.7	油页岩燃烧工艺的比较	(308)
	参考文献	(309)
第十八章 页岩灰和页岩干馏气的利用		(311)
18.1	中国页岩灰的利用	(311)
18.1.1	抚顺页岩灰的矿井充填	(312)
18.1.2	抚顺页岩灰制取水泥	(312)
18.1.3	抚顺页岩灰制取红砖	(313)
18.1.4	抚顺绿页岩的利用	(314)
18.1.5	茂名页岩灰生产水泥	(314)
18.1.6	茂名页岩灰制取水泥混合材的研究	(316)
18.1.7	茂名页岩灰陶粒的试制	(323)
18.1.8	茂名页岩灰生产不烧砖和墙体砌块	(324)
18.1.9	爱沙尼亚对中国茂名页岩灰的研究	(324)
18.1.10	茂名页岩灰舍场植林	(325)
18.1.11	茂名页岩灰盆栽蔬菜的试验	(329)
18.1.12	茂名页岩灰舍场种植豆类的试验	(334)
18.2	爱沙尼亚页岩灰的利用	(337)
18.2.1	塔林工学院对页岩灰制水泥的研究	(339)
18.2.2	空达水泥厂生产页岩灰水泥	(340)
18.2.3	阿赫特麦斯建材厂生产混凝土砌块	(340)
18.2.4	库克瑟特页岩灰的农业应用	(341)
18.3	德国页岩灰的利用	(345)
18.3.1	道登豪逊水泥厂生产页岩灰水泥	(345)
18.4	美国对页岩灰利用的试验	(347)
18.5	约旦王国对页岩灰利用的试验	(348)
18.5.1	约旦拉琼页岩灰利用的试验	(348)
18.6	抚顺页岩干馏气的利用	(349)
18.7	爱沙尼亚干馏气的组成和利用	(350)
18.7.1	基维特炉干馏气的组成和利用	(350)
18.7.2	葛洛特炉干馏气的组成和利用	(350)
18.8	巴西油页岩干馏气的组成和利用	(351)
18.9	澳大利亚油页岩干馏气的组成和利用	(351)
	参考文献	(351)
第十九章 能耗和能效		(354)
19.1	油页岩燃烧产汽发电的能效	(354)
19.2	油页岩干馏炼油的能耗	(355)
19.3	油页岩干馏炼油的能效	(355)
19.4	油页岩炼油与原油生产、煤炼油、油砂炼油和生物酒精生产的能量回报	(356)

参考文献	(356)
第二十章 “三废”处理和环境保护	(358)
20.1 中国油页岩工业的污水处理	(358)
20.1.1 抚顺石油二厂压缩污水排放量	(359)
20.1.2 抚顺、茂名页岩油厂污水的浮选法脱油试验	(359)
20.1.3 抚顺、茂名污水中酚类化合物回收	(360)
20.1.4 茂名油页岩干馏污水生化处理试验	(361)
20.1.5 抚顺、茂名干馏污水回注干馏炉的工业试验	(362)
20.1.6 抚顺、茂名干馏污水组成分析	(363)
20.1.7 抚顺、茂名干馏污水处理方案的研究	(366)
20.1.8 茂名干馏污水的塔式生物滤池工业试验	(367)
20.1.9 日本大阪煤气公司对中国油页岩干馏污水处理的研究	(369)
20.2 爱沙尼亚油页岩工业的环境保护和“三废”处理	(370)
20.2.1 爱沙尼亚油页岩矿的治理和环境影响	(370)
20.2.2 爱沙尼亚油页岩电厂的烟气排放及对周边树木的影响	(371)
20.2.3 爱沙尼亚页岩油厂干馏污水的处理	(373)
20.2.4 爱沙尼亚页岩油厂干馏半焦对环境的影响	(374)
20.2.5 爱沙尼亚空达水泥厂的粉尘对环境的影响	(374)
20.2.6 爱沙尼亚能源集团公司对环保的付出及改进计划	(375)
20.3 巴西油页岩干馏的“三废”处理与环境保护	(376)
20.3.1 巴西佩特洛瑟克斯干馏厂的“三废”处理与环境保护	(376)
20.4 美国油页岩干馏的“三废”处理与环境保护	(377)
20.4.1 美国油页岩地上干馏的“三废”处理与环境保护	(377)
20.4.2 美国油页岩地下干馏的地下水处理与环境保护	(378)
20.4.3 水资源及其治理是制约美国油页岩工业发展的重大因素	(378)
20.5 澳大利亚油页岩干馏的“三废”处理与环境保护	(379)
参考文献	(379)
第二十一章 油页岩工业经济	(382)
21.1 中国油页岩工业经济	(382)
21.1.1 抚顺页岩油工业经济	(382)
21.1.2 吉林桦甸页岩油经济	(382)
21.2 爱沙尼亚油页岩工业经济	(382)
21.2.1 爱沙尼亚能源集团油页岩工业经济	(382)
21.2.2 爱沙尼亚油页岩化学集团油页岩炼油经济	(383)
21.3 巴西油页岩炼油经济	(383)
21.3.1 巴西石油公司油页岩干馏炉投资	(383)
21.4 美国油页岩经济	(383)
参考文献	(384)
第二十二章 页岩油厂设计建设要点	(385)
22.1 页岩油厂设计建设的程序	(385)

第一章 概述

1.1 油页岩定义、用途、特性

油页岩(Oil Shale)又称油母页岩。

联合国 1980 年召开的有十一个国家的专家参加的油页岩和油砂小组会议对油页岩的定义^[1]：

油页岩是一种沉积岩，含固体有机物质于其矿物质的骨架内。其有机物质主要为油母质(kerogen)，不溶于石油溶剂。油页岩加热至 500℃ 左右，其油母质热解(Pyrolysis)生成页岩油(Shale Oil)，油页岩热解通常也称为干馏(Retorting)。页岩油与石油近似，但不相同。

联合国教科文组织(UNESCO)于 2003 年出版的新世纪大百科全书的油页岩条目关于油页岩的定义^[2]：

油页岩是一种沉积岩，具无机矿物质的骨架，并含固体有机物质，主要为油母质及少量沥青质(Bitumen)。油页岩是一种固体化石燃料(Solid Fossil Fuel)。作为一种能源，油页岩加热后，油母质热解产生页岩油。页岩油加工可制取油品。油页岩也可直接燃烧，产生蒸汽、发电。

世界典型油页岩的外观见图 1-1。



图 1-1 几种典型油页岩

油页岩主要用于干馏炼油和燃烧产汽发电外，还可用于制取水泥等建材。

油页岩的特征^[2,3]：

(1) 油页岩是少孔的固体，通常具有片理状，受打击时有可能按层分裂成薄片。不同产地油页岩的片理性有很大的差异，其颜色自浅灰至深棕色。

(2) 油页岩通常含有较少量的有机质，较大量的无机矿物质和数量不等的水分。其有机质含量通常少于总质量的 35%，而无机矿物质的含量通常约占总质量的 50% ~ 85%，高于

其有机质的含量。

(3) 油页岩的有机质主要是油母质和少量沥青,油母质是有机高分子聚合物质,不溶于普通有机溶剂,但沥青可溶于有机溶剂,其含量通常不超过油页岩总质量的1%。

(4) 油页岩在隔绝空气或氧气的情况下,被加热至400~500℃(即进行干馏时),油母质热解,产生页岩油、干馏气、固体含碳残渣及少量的热解水。固体含碳残渣乃是原页岩矿物质和有机质受热后的反应产物。

(5) 油页岩也可与煤一样,在锅炉内与空气燃烧,加热水,产生蒸汽,供热、发电。

(6) 油页岩油母质的H/C原子比大于1.2,且油母质较均匀地分布于黏土质或泥土质的矿物基质内。

应该指出的是,油页岩实际上并不含油,而必须加热至一定温度时,油母质热解后才产生页岩油。而通常所述的某种油页岩的“含油率”是指将该油页岩试样在实验室用标准的专用仪器设备——铝甄,用规定的加热速率加热至500℃左右,所得的页岩油对油页岩的百分产率。故有时“含油率”亦称“铝甄含油率”。不同产地油页岩的含油率是不同的,通常同一矿区不同层位的油页岩含油率也不尽相同。

1.2 油页岩与煤、油砂的区别

油页岩呈灰、褐、或黑色,有片理状。褐煤呈褐色,烟煤、无烟煤呈黑色,有光泽。油砂呈褐、黑色。油页岩的原生物质主要是藻类等低等生物,煤则由高等植物演化而成。

油页岩与煤都是由无机矿物质和有机高分子聚合物质组成。油页岩油母质主要属腐泥质(Sapropelic)或腐泥-腐植质。煤的有机质主要属腐植质(Humic)。油页岩油母质占油页岩的质量不超过35%,而煤(干基)所含有有机质通常大于75%。油页岩H/C原子比大于煤的有机质的H/C比,因此,油母质热解产生的油较煤的有机质生油为多(同样的有机质质量作比较),但由于油页岩所含无机矿物质通常较煤的矿物质为多,亦即油页岩所含有有机质通常较煤的有机质为少,故油页岩热解产生的油不一定比煤热解生油为多。此外,油页岩的热值比煤要小很多倍(同样的干基质量作比较)^[2,4]。

油页岩与油砂不同,油页岩的油母质是有机高分子三维聚合物质,不溶于普通有机溶剂。油砂则是稠油包裹砂岩颗粒、或石灰岩、或其他沉积岩而成^[1];油砂稠油通常可用热碱水溶液从砂粒等沉积岩粒抽提分离出来;油砂稠油能溶于普通有机溶剂。

1.3 页岩油与原油、稠油的区别

不同的页岩油与原油都会呈黄色、褐色和黑色。与原油不同,所有页岩油都有特殊的臭味。

由于页岩油是热解的产物,其富含烯烃、二烯烃,故较原油不稳定。页岩油通常还含有较多的含氮、含氧、含硫化合物,欲从页岩油加工生产合格的柴油等轻质油品,必须用加氢等工艺,其条件通常比原油加工苛刻^[3]。某些页岩油可与稠油调和,甚至不经调和,直接用作燃料油。

稠油是一种黏度很大,馏分很重的原油,不易用开采一般原油的方法自地下采出。稠油的较确切的定义是:在地下埋藏的情况下,其黏度大于10000cP的原油^[1]。

1.4 油页岩成为石油的补充能源

世界油页岩资源丰富,其储量折算成页岩油高达4000多亿t^[4],远较世界探明原油储量