



普通高等教育“十二五”规划教材

油页岩干馏工艺与工程

曹祖宾 张宗平 韩冬云 李丹东 编著



中国石化出版社

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

普通高等教育“十二五”规划教材

油页岩干馏工艺与工程

曹祖宾 张宗平 韩冬云 李丹东 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了国内外油页岩资源,油页岩基本性质分析及评价,国内外主要干馏工艺,抚顺干馏炉油页岩制油技术,油页岩干馏工业的污染与防治等,特别是对抚顺干馏炉干馏技术工艺及设备进行了详细、完整的介绍。

本书可作为从事油页岩加工利用、科研的有关人员使用,也可作为“化学工程与工艺”相关专业的大专院校师生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油页岩干馏工艺与工程/曹祖宾等编著. —北京:中国石化出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 5114 - 1105 - 1

I. ①油… II. ①曹… III. ①油页岩干馏 IV. ①TE662. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 152330 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

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 18.75 印张 461 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

定价:46.00 元

前 言

油页岩是一种高灰分的含可燃有机质的沉积岩，油页岩经低温干馏可以得到页岩油。页岩油类似原油，可以制成汽油、柴油或作为燃料油，副产品还可用于制砖、水泥等建筑材料。

油页岩属于非常规油气资源，以资源丰富和开发利用的可行性而被列为 21 世纪非常重要的替代能源，它与石油、天然气、煤一样都是不可再生的化石能源。近几年，国际油价持续升高，非常规油气资源的综合利用越来越被人们重视，油页岩干馏炼油技术重新受到世界各国的关注。我国页岩油产量逐年提高，2010 年已超过 600kt/a，在这种情况下，有关教学、生产、研发单位特别需要有关油页岩加工及综合利用的书籍。

由于我国油页岩含油率较低，适合低品位油页岩干馏的抚顺干馏炉炼油技术越来越受到国内投资者的青睐，所以，本书用大量的文字介绍抚顺干馏炉的生产加工及废物处理技术。

本书共分四篇，第一篇介绍国内外油页岩资源状况、油页岩的成因及分布、油页岩基本性质分析及评价等，同时，对国内外主要干馏工艺加以简单介绍；第二篇介绍抚顺干馏炉干馏技术，包括干馏技术的发展历程、干馏炉的设计基础、干馏产品回收工艺及设备、干馏过程的生产操作以及干馏炉的升级及改造；第三篇主要介绍页岩油的加工技术，从页岩油的性质与评价到页岩油的加工工艺，最后简单说明页岩油的化学品提取与利用的方法；第四篇介绍油页岩干馏工业的污染和防治，主要内容有油页岩废渣的综合利用、烟气脱硫技术、燃气发电技术、干馏污水及油泥的处理技术等。

本书由辽宁石油化工大学曹祖宾、张宗平、韩冬云、李丹东共同编写。本书的编写得到抚顺矿业集团工程技术中心、页岩油厂等部门的支持与帮助，在此致以由衷的感谢，并向所有引用资料的编著者表示感谢。

由于编写水平有限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第一篇 油页岩资源、成因与性质

第一章 油页岩的资源状况与分布	(1)
1. 全球油页岩资源分布	(1)
2. 中国油页岩资源	(3)
2.1 中国油页岩资源状况	(3)
2.2 中国的资源分布	(3)
2.3 中国油页岩资源层系分布特征	(4)
2.4 中国油页岩资源品级及分布特征	(4)
2.5 中国油页岩资源埋深分布	(5)
2.6 中国主要省份的油页岩资源矿藏	(5)
第二章 油页岩的形成	(12)
1. 油页岩的形成	(12)
1.1 油页岩形成的原生物质	(12)
1.2 油页岩形成过程	(13)
2. 油页岩的成因类型与形成年代	(15)
2.1 国外油页岩的成因类型与形成年代	(15)
2.2 中国油页岩的成因类型与形成年代	(16)
3. 中国油页岩生成的地理环境与条件	(17)
3.1 构造条件	(18)
3.2 沉积条件	(18)
3.3 水介质条件	(19)
第三章 油页岩的组成和性质	(20)
1. 油页岩中的有机物	(20)
1.1 有机质的元素组成	(20)
1.2 有机质的类型与结构	(21)
1.3 有机质中的沥青质	(23)
2. 页岩油中的矿物质	(24)
2.1 油页岩中矿物质的分类	(24)
2.2 油页岩中的各类矿物	(25)
2.3 油页岩燃烧与矿物质含量的计算	(25)

3. 油页岩的物理性质	(26)
3.1 油页岩的颜色和光泽	(27)
3.2 油页岩的密度	(27)
3.3 油页岩的机械性质	(28)
3.4 油页岩的热性质	(29)
4. 油页岩的工业分析与评价	(30)
4.1 油页岩的水分	(31)
4.2 油页岩的灰分产率	(31)
4.3 油页岩的挥发分和半焦固定碳	(31)
4.4 低温干馏分析	(32)
4.5 油页岩的发热量	(32)
5. 油页岩的工艺性质	(33)
5.1 热解过程	(33)
5.2 热解过程中的化学反应	(34)
5.3 影响油页岩热裂解的因素	(36)
5.4 油页岩的氧化、风化、自燃及预防	(37)
第四章 国内外油页岩干馏工艺技术	(39)
1. 油页岩地下转化技术	(39)
1.1 油页岩地下转化工艺井位布置	(40)
1.2 油页岩地下转化工艺生产流程	(40)
1.3 地下开采后对环境的恢复治理	(40)
1.4 油页岩地下转化方法在国外的实验	(41)
2. 气体热载体法油页岩干馏技术	(42)
2.1 Petrosix 干馏技术	(42)
2.2 Kiviter 技术	(45)
2.3 抚顺干馏炉干馏技术	(46)
2.4 辽宁成大全循环干馏技术	(46)
3. 固体热载体法油页岩干馏技术	(48)
3.1 ATP 技术	(48)
3.2 Galoter 技术	(49)
3.3 Tosco - II 技术	(51)
3.4 LR 技术	(53)
4. 国内外干馏工艺技术比较	(54)
参考文献	(55)

第二篇 抚顺干馏炉油页岩制油技术

第一章 抚顺干馏炉油页岩制油技术发展历程	(56)
-----------------------------------	---------------

1. 概述	(56)
1.1 抚顺油页岩干馏工业的兴起	(56)
1.2 抚顺油页岩干馏技术的发展	(56)
2. 抚顺干馏炉的研发过程	(58)
2.1 抚顺内热式干馏炉成因和 7t 试验炉	(58)
2.2 10t 试验炉	(60)
2.3 40t 试验炉	(61)
2.4 100t 工业炉	(62)
2.5 180 ~ 200t 工业炉	(63)
2.6 三段抚顺干馏炉	(63)
2.7 半气燃炉	(64)
2.8 气燃抚顺干馏炉	(65)
2.9 抚顺干馏炉演变炉型——茂名圆炉	(66)
第二章 油页岩的开采和运输	(68)
1. 油页岩的开采	(68)
2. 露天开采和运输	(69)
2.1 露天开采特点	(69)
2.2 露天开采方法	(70)
2.3 露天采场配套设备类型及应用	(75)
3. 矿井开采和运输	(76)
3.1 矿井开采方式	(76)
3.2 平硐开拓法	(76)
3.3 联合开拓法	(77)
3.4 中段高度的确定	(79)
4. 矿床开拓方案选择	(79)
4.1 选择开拓方案的基本要求	(79)
4.2 采矿方法	(80)
4.3 采矿方法选择	(84)
4.4 地下开采主要设备	(85)
第三章 工艺油页岩制备与设备	(86)
1. 工艺油页岩制备	(86)
1.1 工艺油页岩制备流程	(86)
1.2 工艺油页岩制备示例	(87)
2. 制备过程中的主要设备	(88)
2.1 破碎设备	(88)
2.2 筛分设备	(92)
2.3 输送设备	(96)
第四章 油页岩干馏的物理化学基础及抚顺干馏炉结构	(101)
1. 油页岩干馏的物理化学基础	(101)
1.1 油页岩干馏过程中的热解反应	(101)

1.2 油页岩干馏过程中的气化反应	(102)
2. 抚顺干馏炉干馏的实际过程	(103)
2.1 炉内干馏过程热工特性	(103)
2.2 油页岩床层的结构及特性	(103)
2.3 抚顺干馏炉干馏工艺过程热量条件和计算	(104)
3. 抚顺干馏炉构造	(107)
3.1 干馏炉炉体	(107)
3.2 干馏炉排渣设备	(108)
3.3 干馏炉加料设备	(109)
3.4 干馏炉回转系统	(110)
3.5 干馏炉炉型结构	(111)
第五章 抚顺干馏炉设计基础	(113)
1. 油页岩干馏炉型及设计要点	(113)
1.1 油页岩干馏炉炉型	(113)
1.2 抚顺干馏炉的设计要点	(113)
2. 抚顺干馏炉的物料平衡和热平衡	(115)
2.1 物料和热量衡算的基本原则	(115)
2.2 抚顺干馏炉工艺计算的原始数据	(117)
2.3 干馏炉各段停留时间及主要尺寸计算	(118)
2.4 抚顺干馏炉物料及热平衡计算	(120)
2.5 干馏炉阻力的计算	(125)
第六章 油页岩低温干馏产物回收技术与设备	(129)
1. 油页岩低温干馏化学产品	(129)
1.1 油页岩低温干馏产品的组成	(129)
1.2 油页岩低温干馏产品的产率	(129)
2. 低温干馏产品冷凝回收的主要工艺流程系统	(130)
2.1 产品回收的工艺流程类型	(130)
2.2 全负压与半负压油页岩干馏装置冷凝回收流程对比	(133)
3. 气体增湿和减湿技术与洗涤饱和塔	(134)
3.1 气体增湿和减湿过程	(135)
3.2 蒸汽和气体混合物质的性质	(136)
3.3 洗涤饱和塔及其计算	(139)
3.4 板式塔的计算基础	(142)
3.5 饱和塔的计算基础	(143)
4. 静电捕油雾技术	(143)
4.1 电捕焦油器工作原理及性能	(143)
4.2 电捕焦油技术应用中的运行与安全	(146)
5. 气体汽油回收技术	(148)
5.1 油吸收法工艺流程	(148)
5.2 气体汽油的吸收	(149)

6. 氨和吡啶的回收技术	(152)
6.1 氨和吡啶回收的意义	(152)
6.2 氨与吡啶的回收原理	(153)
6.3 饱和器法生产硫铵	(154)
6.4 无饱和器法生产硫铵	(156)
7. 循环水的冷却与凉水塔	(158)
7.1 水的冷却原理	(158)
7.2 凉水塔的组成和分类	(160)
7.3 凉水塔的计算	(161)
第七章 抚顺干馏炉油页岩干馏装置仪表与自控	(163)
1. 油页岩炼油干馏装置使用的特殊仪表	(163)
1.1 温度测量用热电偶	(163)
1.2 流量测量仪表	(163)
2. 仪表控制系统	(164)
2.1 控制系统概述	(164)
2.2 模拟量控制系统	(164)
2.3 数据采集和处理系统	(166)
第八章 抚顺干馏炉的操作与调整	(169)
1. 发生段作用及其调整操作	(169)
1.1 发生段的反应分析	(169)
1.2 煤气分析与发生段反应的关系	(170)
1.3 发生段的操作调整	(170)
2. 群炉火层判断和调整	(171)
2.1 火层的判断	(171)
2.2 火层调整方法	(172)
3. 根据油页岩特点进行操作	(174)
3.1 好油页岩操作	(174)
3.2 劣油质页岩操作	(174)
3.3 硬油页岩操作	(174)
3.4 碎油页岩操作	(175)
3.5 湿油页岩操作	(175)
第九章 油页岩干馏装置的操作管理	(176)
1. 生产过程的控制与管理	(176)
1.1 主要控制内容	(176)
1.2 仪表控制与自动控制	(176)
1.3 实验室控制	(177)
2. 油页岩干馏装置开工	(177)
2.1 干馏炉木材点火	(178)
2.2 主风法开汽	(180)
2.3 烟道气开法操作	(180)

3. 油页岩干馏装置的停工	(181)
3.1 整套装置计划性停工操作处理	(181)
3.2 装置半停状态下的操作	(181)
4. 特殊情况处理	(183)
4.1 最小生产能力操作	(183)
4.2 停水时处理措施	(183)
4.3 停蒸汽时处理措施	(183)
4.4 排送机停的操作处理	(184)
4.5 主风机停的操作处理	(184)
4.6 单炉故障	(184)
第十章 抚顺干馏炉技术升级与改造	(185)
1. 抚顺干馏工艺的改造与发展	(185)
1.1 第一代抚顺干馏工艺(FLQ-1)	(185)
1.2 第二代抚顺干馏工艺(FLQ-2)	(186)
1.3 第三代抚顺干馏工艺(FLQ-3)	(186)
2. 抚顺干馏炉技术升级改造	(186)
2.1 全封闭放料系统的研究	(187)
2.2 自动探料仪的研究	(187)
2.3 提高回收率的研究	(187)
2.4 单机驱动排渣装置的研究	(187)
2.5 供热恒温方式的研究	(188)

第三篇 页岩油加工

第一章 页岩油的组成和性质	(189)
1. 页岩油的一般性质与评价	(189)
2. 页岩油的组成	(192)
2.1 页岩油气馏分的组成	(193)
2.2 页岩油柴油馏分的组成	(193)
2.3 页岩油全馏分的组成	(195)
2.4 页岩油中的含氮化合物	(197)
2.5 页岩油中的含氧化合物	(197)
2.6 页岩油中的含硫化合物	(198)
3. 页岩油的物理化学性质	(199)
3.1 页岩油的密度和相对密度	(199)
3.2 页岩油的蒸气压	(199)
3.3 页岩油的平衡汽化	(200)
3.4 页岩油的安定性	(200)
第二章 页岩油加工流程	(202)
1. 页岩油加工流程概述	(202)
1.1 热加工-酸碱精制流程	(202)

1.2	热加工-加氢精制流程	(203)
1.3	全馏分焦化-轻油中压加氢精制流程	(205)
1.4	全馏分高压固定床加氢精制流程	(205)
1.5	加氢精制-催化裂解组合流程	(205)
1.6	萃取分离-催化裂化组合流程	(206)
2.	页岩油加工流程的探讨	(206)
第三章 页岩油加工工艺		(209)
1.	蒸馏	(209)
1.1	常减压蒸馏	(209)
1.2	蒸馏过程的结焦	(210)
2.	热破坏加工	(211)
2.1	热裂化	(211)
2.2	焦化	(212)
3.	汽、柴油的酸碱精制	(213)
第四章 页岩油的加氢精制		(215)
1.	页岩一号粗柴油一段加氢精制	(215)
1.1	工艺流程	(215)
1.2	生产运转基本情况	(216)
1.3	主要技术改进	(217)
1.4	催化剂寿命与产品的加工方案	(217)
2.	页岩二号粗柴油加氢精制	(219)
3.	页岩中榨油加氢精制	(220)
4.	页岩气体汽油加氢精制	(220)
5.	页岩热裂化柴油加氢精制	(221)
第五章 页岩油的化学品提取与利用		(223)
1.	酚的提取与利用	(223)
2.	酸渣处理与吡啶碱的利用	(224)
3.	其他化学品的制取	(225)
3.1	页岩软蜡氧化制取脂肪酸	(225)
3.2	页岩油烯烃合成洗涤剂	(226)
3.3	硫酸型湿润剂的提取与利用	(226)
3.4	鱼石脂的制造	(226)
参考文献		(227)

第四篇 油页岩干馏工业的污染和防治

第一章 油页岩制油的主要污染物及防治		(229)
1.	气体污染物及防治措施	(229)
1.1	页岩粉尘污染	(229)
1.2	防尘措施	(230)
2.	干馏炉系统污染物及防治措施	(230)

2.1	干馏煤气燃烧后的烟气排放	(230)
2.2	干馏炉入料污染物的无组织排放	(230)
2.3	回收系统中气体排放	(230)
2.4	污染物的防治	(231)
3.	水的污染及防治措施	(231)
4.	废渣的污染及防治措施	(231)
5.	噪声污染及治理措施	(232)
6.	废热余热的充分利用	(232)
第二章 油页岩废渣的综合利用		(233)
1.	回填矿坑与垦复耕地	(233)
1.1	项目建设前后周围地区生态环境评估	(233)
1.2	废渣排弃与回填	(234)
1.3	恢复植被	(235)
1.4	野生动物保护	(236)
1.5	监视	(236)
2.	油页岩废渣烧结砖	(236)
2.1	油页岩废渣的性质	(237)
2.2	油页岩废渣烧结砖工艺流程简介	(237)
2.3	页岩烧结砖原料的制备	(237)
2.4	油页岩废渣砖的成型	(239)
2.5	废渣砖的焙烧	(240)
3.	油页岩废渣做水泥原料	(241)
3.1	水泥原料	(241)
3.2	水泥混合料	(241)
3.3	生产水泥工艺流程	(241)
4.	油页岩灰渣烧制陶粒	(241)
4.1	油页岩陶粒定义与分类	(241)
4.2	油页岩灰渣陶粒原材料	(241)
4.3	油页岩灰渣陶粒生产工艺过程	(242)
4.4	油页岩灰渣陶粒主要生产形式与设备	(242)
4.5	油页岩陶粒质量技术等级	(242)
5.	油页岩废渣制取氧化铝、白炭黑化工产品	(243)
5.1	氧化铝与白炭黑	(243)
5.2	油页岩废渣制取 SiO_2 和 Al_2O_3	(243)
5.3	油页岩废渣制取 SiO_2 和 Al_2O_3 过程中主要的化学反应	(244)
第三章 烟气脱硫技术		(245)
1.	现行脱硫技术	(245)
1.1	湿法烟气脱硫工艺	(245)
1.2	半干法烟气脱硫工艺	(245)
1.3	干法脱硫工艺	(245)

2. 主要脱硫工艺技术	(246)
2.1 石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺	(246)
2.2 旋转喷雾半干法烟气脱硫工艺	(247)
2.3 海水烟气脱硫工艺	(247)
2.4 双碱法烟气脱硫工艺	(248)
3. 烟气脱硫工艺的选择及应用	(249)
3.1 确定工艺的基础参数	(249)
3.2 脱硫工艺方案的选择	(249)
3.3 页岩炼油装置烟气脱硫技术的应用	(250)
第四章 油页岩干馏装置煤气脱硫与燃气发电	(253)
1. 概述	(253)
1.1 煤气中的杂质及其危害	(253)
1.2 煤气中杂质的脱除方法	(253)
2. 煤气脱硫技术	(254)
2.1 煤气脱硫方法分类	(254)
2.2 化学吸收法脱硫	(255)
2.3 干法脱硫	(256)
2.4 干法脱硫的主要设备	(262)
2.5 脱硫槽设计基础	(263)
2.6 干馏煤气脱硫净化工艺示例	(265)
3. 油页岩干馏煤气发电技术	(267)
3.1 油页岩煤气发电系统组成	(267)
3.2 燃气电站发电机组发电	(268)
第五章 油页岩干馏污水及油泥的处理	(271)
1. 油页岩干馏废水来源与危害	(271)
1.1 油页岩干馏废水来源及特性	(271)
1.2 油页岩干馏污水的危害	(271)
2. 油页岩低温干馏污水的处理	(272)
2.1 工业污水处理概论	(272)
2.2 废水处理基本方法	(273)
3. 油页岩干馏装置污水处理工程实例	(282)
3.1 污水处理工艺流程	(282)
3.2 工艺流程过程	(284)
3.3 主要工艺控制指标	(284)
3.4 工艺特点	(284)
4. 油泥的治理	(285)
4.1 油泥的产生	(285)
4.2 油泥的组成	(285)
4.3 产生的危害	(285)
4.4 处理方法	(285)

第一篇 油页岩资源、成因与性质

第一章 油页岩的资源状况与分布

油页岩又称油母页岩，是一种高灰分的固体可燃有机矿产，有机质含量较高，主要为腐泥质、腐植质或混合型。色浅灰至深褐，含有机质和矿物质；有机质的绝大部分不溶于溶剂，称油母。油页岩是一种重要的能源，人造石油的重要原料，又属非常规油气资源，在提供动力燃料和热电等方面发挥着较大的作用。经低温干馏可得页岩油、干馏气和页岩半焦。

油页岩是一种能源矿产，属于低热值固态化石燃料，其发热量一般 $\geq 4.2\text{kJ/g}$ 。一般地，国际上常以每吨油页岩能产出 0.034t （即 0.25 bbl ）以上页岩油的油页岩称为“油页岩矿”，或者将产油率高于 4% 的油页岩称为矿。过去，我国将含油率在 5% 以上的油页岩定为富矿，并计算储量；含油率在 5% 以下的油页岩定为贫矿，不计算储量；也有将油页岩产油率低于 6% 的定为贫矿，高于 10% 的定为富矿。

1. 全球油页岩资源分布

不完全统计表明，全球油页岩蕴藏资源量是巨大的，估计有 10000Gt ，比煤资源量 7000Gt 还多 40% 。若将其折算成页岩油，可以达到 411Gt （表1.1-1），超过石油资源量（储量 150Gt ，总资源 300Gt ），相当于目前世界石油储量的3倍。这一数字将随着油页岩资源进一步开发、利用的加大而加大。表1.1-1统计了世界各国主要油页岩矿床所蕴藏的页岩油资源量。

表 1.1-1 世界已经查明的页岩油资源量

单位：Gt

评价单位	时间	油页岩 资源量	查明页岩 油资源量	可采页 岩油	推测页 岩油	备 注
联合国	1967	450000	26000			含油率 $>4\%$ 的总资源量
美国地质调查所	1973	53100				
世界能源会议	1975		460		51244	含油率 $>3.5\%$
Petzik	1975			255		
Rattiennn、Eaton	1976			265		
第11届世界能源会议	1980		335	42		
Hartley 等	1980		2600			33个国家统计
世界能源机构预测	1986		850			
美国能源部能源信息署	2002		411			

根据目前全球油页岩资源现状，油页岩沉积环境从海相到陆相都有分布，国外以海相为主，中国主要以陆相沉积为主。油页岩的形成时代很广泛，从寒武纪、奥陶纪、泥盆纪、石炭纪、三叠纪、侏罗纪、二叠纪、白垩纪到第三纪都有分布。

世界油页岩资源丰富，其矿藏遍及各地，但其分布并不均衡。根据截至 2005 年底已发表的统计数据，共计 37 个国家。经详细勘查，美国油页岩资源探明储量居世界首位，换算成页岩油高达 303.566Gt。其次则为俄罗斯(页岩油 38.770Gt)、扎伊尔(14.310Gt)、巴西(11.734Gt)、加拿大(6.300Gt)、约旦(5.233Gt)、澳大利亚(4.531Gt)。美国、俄罗斯、巴西三国占 86%；美国占 69%，如表 1.1-2 和图 1.1-1 所示。

表 1.1-2 世界主要国家油页岩资源(换算成页岩油)统计表

国家	页岩油/Gt	评估日期	国家	页岩油/Gt	评估日期
美国	303.566	2003	爱沙尼亚	2.894	1998
俄罗斯	38.770	2002	法国	1.002	1978
扎伊尔	14.310	1958	意大利	1.431	2000
巴西	11.734	1994	约旦	5.233	1999
加拿大	6.300	1997	摩洛哥	8.167	1984
澳大利亚	4.531	1999	中国	2.4	2006

应该指出的是，中国的油页岩探明储量换算成页岩油为 2.4Gt，相当于中国石油的探明可采储量 2.3Gt。中国页岩油资源为 47.6Gt，其中查明的资源 2.7Gt，排世界第二位(2006 年)。

中国于 2004~2006 年进行了“全国油页岩资源评价”，其他很多矿床的资源潜力有待进一步探明。如果考虑到有些国家的数据没有收集全，有些矿床的资源量没有做充分的调查和评价，那么全世界油页岩蕴藏的页岩油资源总量大体有 366.2Gt，也有估计为 411.0Gt 或 422.5Gt。无论如何，全球油页岩含油量约比传统石油资源量 271.0Gt 多 50% 以上。

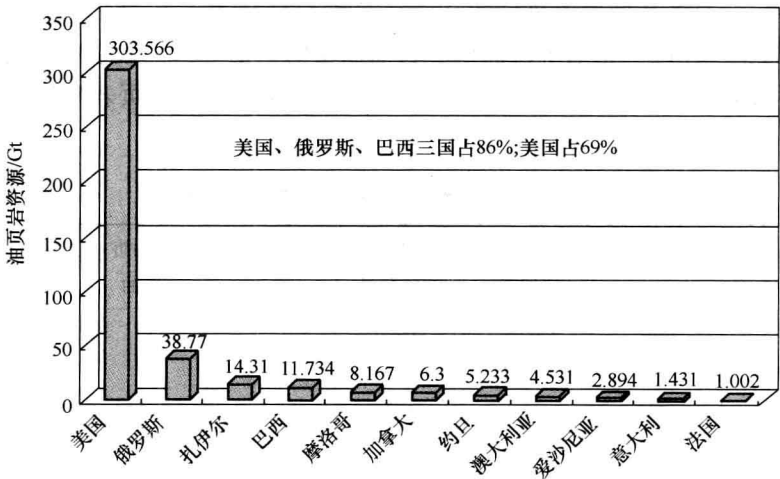


图 1.1-1 世界主要国家油页岩资源柱状图

需要指出的是，全球油页岩可采资源量中页岩油总量可能要比估计小得多。有人估计只有 28.2Gt。这是因为，实际可以获得的资源量要受一些因素影响。例如，一些矿床埋藏太深以至于不能经济开采；地面上的土地利用也在很大程度上限制了有些油页岩矿床的开发，

尤其是那些工业化程度高的城市。

2. 中国油页岩资源

2.1 中国油页岩资源状况

中国油页岩资源较丰富，石炭纪—第三纪都有产出，但主要产于第三纪。中国油页岩资源未进行全面调查，还没有能反映资源全貌、较为准确的数据。各种数据差别悬殊。从表 1.1-3 数据看，地质部 1980 年公布的截至 1979 年底含油率大于 5% 的油页岩可采储量 31.17Gt 是可信的，抚顺石油研究所的预测油页岩储量 452.0Gt 的依据较充分，两项合计为 483.17Gt，按油页岩资源探明储量统计，中国储量仅次于美国、巴西和爱沙尼亚，居世界第四位。

表 1.1-3 中国油页岩资源预测总表

资源发布	储量/Gt		资料来源
	可采储量	预测储量	
陈国达(1951 年)		21.00	《中国油页岩概论》
煤炭部(1959 年)		2020.9	《中国分省煤炭预测图》
抚顺石油研究所(1962 年)	31.31	452.0475	《中国油页岩资源调查报告》
地质部(1980 年)	31.17		发布，截至 1979 年底
抚顺石油化工研究院(1990 年)	32.00	727.668	《中国油页岩矿产资源及开发利用前景》

国土资源部于 2004 ~ 2006 年对全国油气资源进行了评价，《全国性油页岩资源评价》结果表明：全国油页岩资源为 719.937Gt，如果将油页岩折算成页岩油，页岩油资源为 47.644Gt，如果扣除油页岩开发和干馏过程中的损失，全国页岩油可回收资源为 11.979Gt。在全国油页岩资源中查明油页岩资源为 50.049Gt。页岩油资源总量仅次于美国的 303.566Gt，居世界第二位。

2.2 中国的资源分布

中国油页岩主要分布在 20 个省和自治区、47 个盆地，共有 80 个含矿区，如表 1.1-4 所示。按地区分类为：东部区、中部区和青藏区。东部区油页岩资源为 344.248Gt，占全国油页岩资源的 48%；中部区油页岩资源为 160.964Gt，占全国油页岩资源的 22%；青藏区油页岩资源为 120.320Gt，占全国油页岩资源的 17%；西部区油页岩资源为 71.943Gt，占全国油页岩资源的 10%；南方区油页岩资源为 19.461Gt，占全国油页岩资源的 3%。

表 1.1-4 中国油页岩/页岩油资源评价结果

单位：Gt

大 区	油页岩		页岩油			
	资源	查明资源	资源	查明资源	可回收资源	查明可回收资源
东部区	344.24841	36.33122	16.76680	1.92827	4.30929	0.67595
中部区	160.96392	1.92700	9.79467	0.12101	2.40225	0.03728
西部区	71.94339	3.13258	7.27814	0.13293	4.94585	0.04834
南部区	19.46140	9.56714	1.44592	0.95314	0.47347	0.32901
青藏区	120.32016	0.09062	12.65811	0.00832	2.84841	0.00221
总 计	719.93729	50.04856	17.64364	2.74367	11.97926	1.09283

2.3 中国油页岩资源层系分布特征

国土资源部于 2004 ~ 2006 年《全国性油页岩资源评价》评价显示：油页岩赋存的层系地质年代范围很宽，主要集中分布在中生代油页岩资源 559.792Gt，占全国油页岩资源的 77.66%，其中油页岩查明资源 34.197Gt；如果将油页岩折算成页岩油，页岩油资源 31.729Gt，页岩油可回收资源 7.765Gt。新生代油页岩资源 105.231Gt，占全国油页岩资源的 11.62%，其中油页岩查明资源 15.279Gt；如果将油页岩折算成页岩油，页岩油资源 10.449Gt，页岩油可回收资源 2.688Gt。上古生代油页岩资源 54.914Gt，占全国油页岩资源的 7.62%，其中油页岩查明资源 0.573Gt；如果将油页岩折算成页岩油，页岩油资源 5.465Gt，页岩油可回收资源 1.527Gt，如表 1.1 - 5 和图 1.1 - 2 所示。

表 1.1 - 5 我国油页岩资源层系分布特征表

地质年代	油页岩/Gt			页岩油/Gt	
	资源	查明资源	所占比例/%	资源	可回收资源
新生代	105.237	15.279	11.62	10.449	2.688
中生代	559.792	34.197	77.66	31.729	7.765
上古代	59.414	0.573	7.62	5.465	1.527

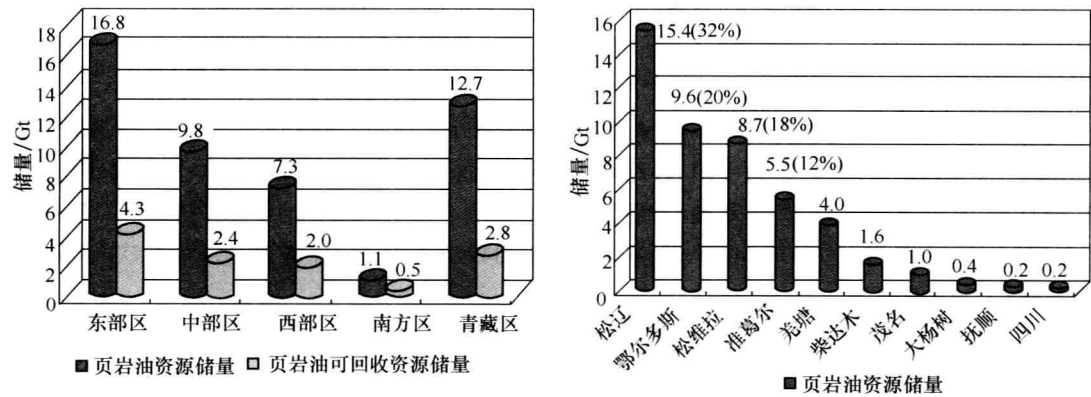


图 1.1 - 2 中国油页岩资源分布区域和储量

受古亚洲洋、特提斯 - 古太平洋和印度洋 - 太平洋三大动力学体系控制，油页岩形成时代从西北至东南方向逐渐变新，即上古生代油页岩资源主要分布在中部地区，中生代油页岩资源主要分布在东部、中部和青藏地区，新生代油页岩资源主要分布在南部和东部地区。

2.4 中国油页岩资源品级及分布特征

通过对国土资源部 2004 ~ 2006 年《全国性油页岩资源评价》中油页岩含油率品级的评价，确定全国油页岩的含油率在 3.5% ~ 5% 的资源为 326.809Gt，页岩油资源 15.418Gt，分别占全国油页岩和页岩油资源的 45.39% 和 32.3%；含油率在 >5% ~ 10% 的油页岩资源为 266.435Gt，页岩油资源为 18.224Gt，分别占全国油页岩和页岩油资源的 37% 和 38.25%；含油率 >10% 的油页岩资源为 126.693Gt，页岩油资源为 14.002Gt，分别占全国油页岩和页岩油资源的 17.6% 和 29.39%。

如果按页岩油资源统计，含油率 $\omega > 5\%$ 的页岩油资源占 67.64%。这一评价结果表明，中国油页岩品质中等偏好，如图 1.1 - 3 所示。